

Termodiagnostické měření elektrických rozvodů

Thermodiagnostical measuring of electric wiring

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Bc. Patrik Sopuch
Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Patrik Sopuch**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **72 Technická diagnostika, opravy a udržování**
Téma: **Termodiagnostické měření elektrických rozvodů
Thermodiagnostical Measuring of Electric Wiring**

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce se zabývejte možnostmi aplikace termodiagnostických měření při identifikaci elektrických problémů zařízení. Vhodně aplikujte infračervené termomografické systémy pro provedení provozních měření. Získaná data vhodně analyzujte a proveďte jejich správné vyhodnocení.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proveďte potřebná měření.
5. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

KREIDL, M., ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1.vydání, 408s., ISBN 80-7300-157-6

KREIDL, M. a kol.: *Diagnostické systémy*. ČVUT v Praze, Praha 2001, 352 s., ISBN 80-01-02349-4

BLATA, J. – Juraszek, J. *Metody technické diagnostiky, teorie a praxe. Metody diagnostyki technicznej, teoria i praktyka*. Ostrava: REPRONIS, s.r.o., 2013, 133 stran, ISBN 978-80-248-2997-5

HELEBRANT, F. – MONI, V. – BLATA, J.: *Termografie*. Studijní podklady, Ostrava 2010, 69 s.

LYSENKO, V.: *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. BEN – technická literatura, Praha 2005, 1.vydání, 160s., ISBN 80-7300-180-2

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

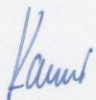
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

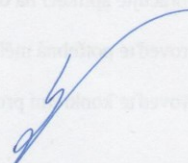
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 18. 5. 2015



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2015



.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Patrik Sopuch

Adresa trvalého pobytu autora práce: Choráze 1505, Příbor 742 58

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Blatovi, Ph.D., za připomínky a rady ke konečnému vyhotovení práce. Dále panu Ing. Mečislavu Hudeczkovi, Ph.D. z firmy HUDECZEK SERVICE s.r.o., který se mnou práci konzultoval a poskytl mi podkladové materiály.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SOPUCH P., *Thermodiagnostické měření elektrických rozvodů*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2015, 86 s. diplomové práce, vedoucí práce Ing. Jan Blata, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá problematikou termodiagnostického měření elektrických rozvodů. V teoretické části je řešena obecná problematika měření teploty a přenos tepla, jakožto hlavního diagnostického parametru termografického měření. Dále se zabývá základy termografie a principem termografického diagnostického měření infračervenou termografickou kamerou. Je zde uvedena platná legislativa pro provádění kontrol a revizí elektrických zařízení. Termografické měření elektrických rozvodů je v současnosti stále více využívanou metodou technické diagnostiky, proto jsou uvedeny nejčastější příklady využití v praxi. Byl zpracován návrh a postup termografického měření elektrického rozvodu vysokého napětí. Dle výsledku tohoto měření byly stanoveny podmínky a doporučení pro následný provoz.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

SOPUCH P., *Thermodiagnostical measuring of electric wiring*. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2015, 86 p. diploma thesis, supervised by Ing. Jan Blata, Ph.D.

This thesis deals with thermodiagnosics measurement of electrical wiring. The theoretical part deals with the general problem of temperature measurement and heat transfer and the main scan thermographic measurement parameter. It also deals with the basics of thermography and the principle of infrared thermography diagnostic measurement thermographic camera. There is mentioned a valid legislation for carrying out checks and inspections of electrical equipment. Thermographic measurement of the electrical wiring is still more used method of technical diagnostics therefore there are mentioned the most frequent examples of practical use. There was made a proposal and a thermographic measurement process of electrical high voltage power lines. According to the results of this measurement were established terms and recommendations for following working.

KLÍČOVÁ SLOVA – termografie, termodiagnostika, elektrické rozvody

KEYWORDS – thermography, thermodiagnostic, electrical wiring

Obsah

1. Úvod	1
2. Představení společnosti	2
2.1 Profil společnosti HUDECZEK SERVICE s.r.o.....	2
3. Teplota a přenos tepla	3
3.1 Historie měření teploty.....	3
3.2 Teplota.....	4
3.3 Měření teploty	5
3.3.1 Kontaktní měření teploty	5
3.3.2 Bezkontaktní měření teploty	6
3.4 Přenos tepla	8
4. Základy termografie.....	12
4.1 Termíny a definice	14
4.2 Záření reálných těles	16
4.3 Kompenzační parametry při měření	17
4.3.1 Emisivita	17
4.3.2 Vliv teploty okolí	18
4.3.3 Atmosféra.....	19
4.4 Způsoby termografického měření	20
4.5 Metody termografie.....	20
5. Termografická diagnostika.....	22
5.1 Historie infračervených termografických kamer	23
5.2 Popis infračervené termografické kamery	24
5.3 Odhalování závad termograficky	26
5.3.1 Pravidelná údržba	26
5.3.2 Prediktivní údržba.....	26
5.4 Inspekční metody	27

5.4.1	Porovnávací termografie	27
5.4.2	Výchozí termografie	28
5.4.3	Směrnicová termografie.....	28
5.4.4	Barevné palety	29
5.5	Využití termografické diagnostiky v praxi	30
6.	Platná legislativa pro revize a kontroly elektrických zařízení	34
7.	Termografické měření elektrických rozvodů	39
7.1	Měření rozvodných zařízení.....	39
7.2	Měření transformátorů	41
7.3	Měření kabelových souborů	42
7.4	Měření točivých strojů	43
7.5	Měření panelů fotovoltaické elektrárny	44
8.	Termografické měření rozvodů vysokého napětí	45
8.1	Popis sledovaného úseku vysokého napětí	46
8.2	Přístrojové a softwarové vybavení	47
8.3	Průběh měření a okolní podmínky	48
8.4	Zpracovávání a vyhodnocení měření	49
8.5	Doporučení pro následný provoz	59
9.	Závěr.....	60
	Seznam použité literatury	61
	Seznam příloh.....	62

Seznam použitých značek a indexů

Označení	Název	Jednotky
m	Hmotnost	[kg]
T	Teplota	[K]
t	Teplota	[°C]
P	Výkon	[W]
Q_T	Tepelný tok	[W]
S	Plocha povrchu	[m ²]
U	Napětí	[V]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
nm	Nanometr	[nm]
μm	Mikrometr	[μm]
ε	Emisivita	[-]
IČT	Infračervená termografie	
PC	Personal Computer (Osobní počítač)	
LCD	Liquid Crystal Display (Displej z tekutých krystalů)	
PEV	Pyroelektrický vidikon	
FPA	Focal Plane Arrays (detektor)	
FOV	Field of view (zorné pole)	
IFOV	Instantaneous field of view (okamžité zorné pole)	
NETD	Noise Equivalent Temperature Difference (teplotní citlivost)	
atd.	A tak dále	
VN	Vysoké napětí	
NN	Nízké napětí	
VVN	Velmi vysoké napětí	

Sb.	Sbírka zákonů
§	Paragraf
UV	Ultrafialové záření
např.	Například
apod.	A podobně
MaR	Měření a regulace
obr.	Obrázek
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
tab.	Tabulka
tzn.	To znamená
EN	Evropská norma
IEC	International Electrotechnical Commission (Mezinárodní úřad pro elektrotechniku)
ČSN	Česká technická norma
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem)

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá základními způsoby měření teploty. Popisuje, jakými způsoby může docházet k přenosu tepla mezi tělesy a prostředím. Dále řeší problematiku oboru termodiagnostiky, která v současnosti nachází uplatnění v mnoha oblastech, jak průmyslových odvětvích, tak i v soukromé sféře. Jedná se o metodu technické diagnostiky, která vyhodnocuje technický stav kontrolovaného objektu. Tato metoda spočívá v měření teploty na povrchu objektu a následným vyhodnocením jeho stavu. Měření probíhá bezdotykově a jedná se o nedestruktivní zkoušku, která je velmi bezpečná a rychlá.

Termografické měření je bezkontaktní měření, vyhodnocující teplotní pole na diagnostikovaném objektu. Pomocí tohoto teplotního pole můžeme snadno zjistit teplejší a chladnější místa na povrchu diagnostikovaného objektu, díky infračervené energii vyzařované z povrchu. Pro zobrazení infračerveného záření používáme infračervenou termografickou kameru, na které je zobrazena teplota povrchu objektu pomocí termogramu.

Jedním z mnoha oborů, kde se tato metoda používá, je elektrotechnika. Při provozu elektrických zařízení musí být zajišťovány pravidelné revize a kontroly. Ty mohou být výchozí nebo pravidelné. Slouží k zajištění bezpečného a provozuschopného stavu zařízení. Termografickým měřením můžeme včas diagnostikovat závadu, zvýšit spolehlivost elektrického zařízení, snížit finanční ztráty na provoz zařízení a zabránit případnému vzniku požárů.

Jako praktická část diplomové práce bude provedeno termografické měření elektrických rozvodů vysokého napětí. Úkolem je zjištění současného stavu elektrického rozvodu a odhalení případných závad. Po provedení tohoto měření elektrických rozvodů bude vyhotovena zpráva s výsledkem měření a následným doporučením.

2. Představení společnosti

2.1 Profil společnosti HUDECZEK SERVICE s.r.o.

Společnost HUDECZEK SERVICE s.r.o. se řadí k současné profesionální špičce, která se zabývá inženýrsko – technickými činnostmi v oblasti elektro a strojírenství. Společnost je na trhu již 20 let a má v tomto oboru dlouhodobé zkušenosti. Společnost je držitelem certifikátu ISO 9001 : 2000 a získala v letech 1999 až 2002 ocenění Zlatý výrobek.



Obr. 1 Sídlo společnosti HUDECZEK SERVICE s.r.o. [2]

Společnost provádí tyto činnosti:

- **Projekty** – Realizace nových projektů elektrických zařízení NN, VN, MaR a řídicí systémy na nejvyšší technické i odborné úrovni. Veškerá dokumentace odpovídá požadavkům ČSN, ČSN EN, ČSN IEC a ČSN ISO.
- **Opravy** – Točivých elektrických strojů do 100 MW. Na základě pravidelných revizí provádí opravy transformátorů a elektrických zařízení VN, NN, MaR, řídicích systémů. Opravy elektrických zařízení bez omezení napětí a prostředí.
- **Údržba** – pravidelná kontrola technickou diagnostikou pro bezporuchový chod.
- **Bezdemontážní technická diagnostika** – vibrací, termografická, rychlosti proudění kapalin a plynů, kvalita elektrické energie, kvalita izolace VN kabelů, analýza sítí, zbytkové životnosti elektrických strojů točivých i netočivých, laserové ustavování, dynamické vyvažování rotujících hmot, odběry vzorků a tribotechnika, zkoušky a nastavování ochran, zkoušky a nastavování hlídačů izolačního stavu.
- **Ostatní činnosti** – odborná a znalecká činnost, projektování a programování řídicích systémů.

3. Teplota a přenos tepla

3.1 Historie měření teploty

Historie prvního teploměru vzniká v roce 1592, kdy italský fyzik Galileo Galilei sestavuje teploměr na principu teplotní roztažnosti vzduchu. Tento teploměr byl málo přesný (na atmosférickém tlaku závislý). Roku 1724 přichází další fyzik Daniel G. Fahrenheit s moderním rtuťovým teploměrem, který je vybaven první teplotní stupnicí. Jednalo se o revoluční měřicí přístroj a od tohoto okamžiku se vývoj teploměrů nezastavil. Roku 1730 francouzský přírodovědec René – Antoine Ferchault de Réaumur vytvořil svoji vlastní stupnici. Dále pak švédský astronom Anders Celsius roku 1742 zavádí svoji stupnici zvanou Celsiova stupnice. Na řadu přichází britský fyzik lord William Thomson Kelvin, který roku 1848 konečně zavádí termodynamickou stupnici (někdy nazývaná jako Kelvinova stupnice).

Objevitelem infračerveného záření se stal Sir William Herschel, a to v prvních letech devatenáctého století. Tento amatérský astronom objevil roku 1781 uran. Při pokusech s hranolem dokázal rozložit světlo na více chromatografických částí. Tyto jednotlivé chromatografické části – teploty barev měřil teploměrem. Při sledování nárůstu teploty v pásmech od fialové do červené barvy si všiml neviditelného pásma daleko za červenou barvou, kde byl bod maxima teploty. Tomuto pásmu říkáme infračervené pásmo.

K významnému objevu v oboru termografie došlo v roce 1880, a to badatelem Samuel P. Langley. Vynalezl bolometr, což je zařízení schopné detekovat teplo krávy na vzdálenost 400 m. Roku 1940 Sir John Herschel získal první tepelný obraz, který vznikl díky rozdílnému odpařování malé vrstvy oleje vystavené tepelnému záření. Tento záznam tepelného obrazu na papír nazval „termograf“. Roku 1965 byl firmou AGA představen první volně prodejný termografický systém. K rychlejšímu rozvoji infračervené techniky došlo v průběhu dvou světových válek a stále pokračuje dodnes. [1], [3]



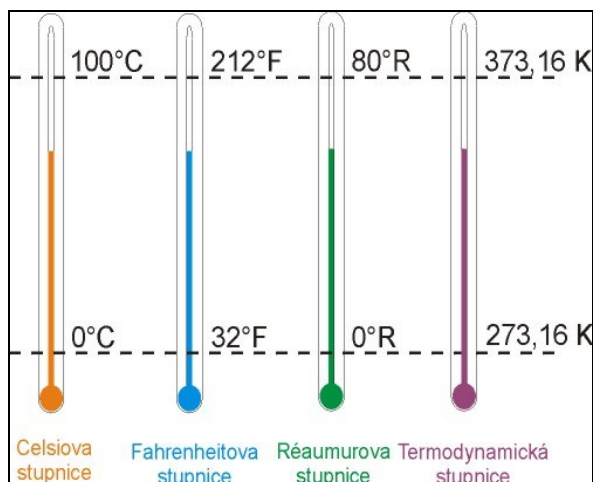
Obr. 2 Sir William Herschel [11]

3.2 Teplota

Jedná se o stavovou veličinu, která určuje stav termodynamické rovnováhy. Stav probíhá v uzavřené soustavě těles a není závislý na čase. Tento stav termodynamické rovnováhy bývá charakterizován termodynamickou teplotou, která je stejná pro všechny části uzavřené soustavy. Teplo je forma energie související s pohybem částic dané soustavy těles, proto nesmíme zaměňovat tuto fyzikální veličinu za fyzikální veličinu teplota. Teplo není stavovou veličinou, protože nezávisí na přítomném stavu soustavy, ale na celé minulosti soustavy. Teplota je fyzikální veličina, která se nedá měřit přímo, ale jen prostřednictvím jiné fyzikální veličiny.

Důležitá je také termodynamická teplotní stupnice, která je definovaná na základě účinnosti vratného Carnotova cyklu. Základní jednotkou termodynamické stupnice je kelvin (K). Ten má počátek v absolutní nule. Tato základní jednotka kelvin byla definována zvolením termodynamické teploty trojného bodu vody jako referenční bod termodynamické stupnice. Referenční bod má pevně určenou hodnotu a to $T = 273,16 \text{ K}$. Základní jednotka kelvin je $273,16$ díl termodynamické teploty trojného bodu vody.

Existují další teplotní stupnice a to Fahrenheitova a Rankinova. Ovšem často používanou je stupnice Celsiova. Je odvozena od základní stupnice posunutím o teplotu $273,15 \text{ K}$. Jednotka této stupnice se nazývá stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). [1], [3]



Obr. 3 Čtyři typy teplotních stupnic [12]

3.3 Měření teploty

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [1], [4]

Měření teploty je velice důležité v oboru technické diagnostiky. Jedná se o diagnostický signál, který nám může signalizovat možné poškození či závadu stroje. Jestliže se stroj nebo kontrolované zařízení nadměrně přehřívá v kontrolovaném místě.

Teplota jakožto fyzikální veličina se dá měřit různými metodami a prostředky. Abychom mohli teplotu změřit, měříme ji přes jiné fyzikální veličiny, které jsou na teplotě závislé. Měření teploty u diagnostikovaných zařízení, můžeme provádět za provozu, a to dotykově pomocí umístěných snímačů teploty a teploměrů nebo bezdotykově pomocí pyrometrů a infračervené termografické kamery. Pro zajištění přesného měření teploty u kontrolovaného strojního zařízení je nutné zajistit dokonalý přestup tepla mezi měřeným prostředím a snímačem teploty. Měřicí snímače teploty by měly být umístěny tak, aby byla snadná jejich montáž či demontáž. Stav celé měřicí soustavy musí být v naprosto bezvadném stavu, aby byla zajištěna přesnost měření.

3.3.1 Kontaktní měření teploty

Při dotykovém měření teploty je uvedeno těleso, u kterého chceme znát teplotu do vzájemného dotyku se srovnávacím tělesem. Jakmile jsou tato dvě tělesa ve vzájemném styku, dochází k tepelné rovnováze těchto těles. Srovnávacímu tělesu říkáme teploměr. Teploměry dělíme dle fyzikálních principů, na kterých jsou založeny.

Rozdělení teploměrů

- **Odporové teploměry** – Teploměr využívá změnu elektrického odporu vodiče, který je závislý na teplotě.
- **Termoelektrické teploměry** – Jsou založeny na vzniku termoelektrického napětí. Někdy nazýván jako termoelektrický článek.
- **Polovodičové teploměry** – Jsou založeny na principu změny vlastnosti polovodiče se změnou teploty.
- **Dilatační teploměry** – Jsou založeny na principu tepelné roztažnosti kapalin, plynů a tuhých látek.

- **Parní teploměry** – Jsou založeny na principu změny tlaku syté páry, jejich náplní je helium.



Obr. 4 Dotykový teploměr [2]

V oboru termodiagnostika se můžeme setkat s dotykovými měřidly v podobě termokříd a termokolorů.

- **Termokříd** - Jedná se o speciální křídu, která se při aplikaci v podobě značky na měřený materiál při udané nebo vyšší teplotě roztaví. Využívá se pro rychlé a snadné měření povrchové teploty předmětů.



Obr. 5 Termokřída [2]

- **Termokolory** – Jedná se o barvy, které jsou citlivé na změnu teploty. Využívají se pro snadnou a rychlou aplikaci. Dle přeměny barev těchto termokolorů můžeme odhadnout teplotu měřeného předmětu.

3.3.2 Bezkontaktní měření teploty

Při bezdotykovém měření teploty se využívá elektromagnetického záření těles. Elektromagnetické záření vyzařují všechna tělesa, která mají vyšší teplotu než je absolutní nula. Měřené elektromagnetické záření může být v různých vlnových délkách. Bezkontaktní měření teploty rozdělujeme na tři způsoby:

- **Fotometrie** - Při fotometrii se využívá fotoaparátu, který má vysokou světelnost a je schopen zachytit infračervené záření.
- **Pyrometry** – Teplota je měřena bodově. Z teplotního záření tělesa je určena teplota tělesa.
- **Termografie** – Zobrazovací metoda použita při termografické diagnostice. K měření teploty objektu využívá neviditelné infračervené záření. Její tvar je podobný videokameře a na barevném zobrazovači zobrazuje povrchovou teplotu předmětu v reálném čase.

Výhody bezkontaktního měření teploty

- Rychlé měření teploty.
- Měření vysokých teplot.
- Snímání teploty v reálném čase.
- Měření rotujících a pohyblivých předmětů.
- Snadné měření bez nutnosti montáže.
- Bezpečné měření.

Nevýhody bezkontaktního měření teploty

- Nutnost přesného nastavení emisivity.
- Vnější vlivy ovlivňující přesnost měření.
- Teplota okolí ovlivňující teplotu měřeného objektu.

3.4 Přenos tepla

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [1], [4], [13]

Přenos tepla je velmi složitý děj, který někdy také nazýváme jako sdílení tepla. Přenos tepelné energie můžeme rozčlenit do třech tepelných procesů výměn. Tyto výměny mohou probíhat zvlášť nebo zároveň. Jedná se o tepelnou výměnu vedením (kondukcí), tepelnou výměnu prouděním (konvekci) a výměnu sáláním (radiací). Pro termografickou diagnostiku využijeme nejvíce výměnu tepelné energie sáláním (radiací), ale rozepíšeme si je zde všechny tři:

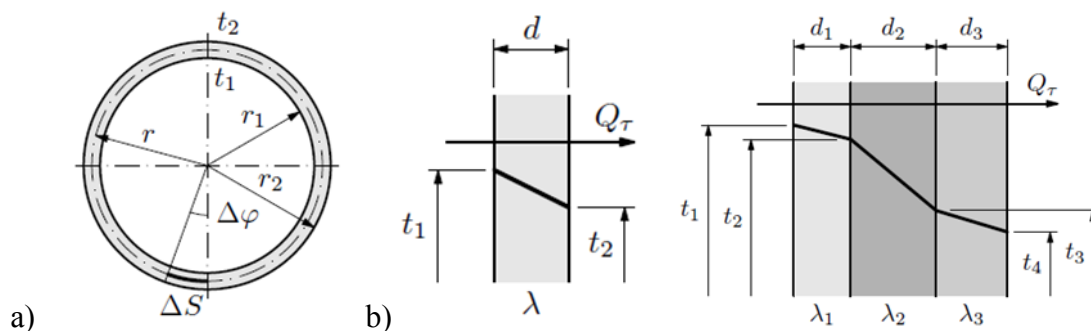
- **Přenos tepla vedením** - Jedná se o způsob vedení tepelné energie, který probíhá většinou u pevných těles. K přenosu dochází z teplejšího tělesa na těleso s nižší teplotou. V plynech a kapalinách se k tomuto vedení tepla mohou připojovat i šíření tepla prouděním a u látek jako je například sklo také šíření tepla sáláním. Velikost tepelného toku Q_T procházejícím plochou S povrchu v homogenní prostředí vypočteme pomocí, Fourierova zákona:

$$Q_t = \frac{\lambda}{d} (t_1 - t_2) S = \frac{\lambda S \Delta t}{d} \quad (1)$$

Kde λ označuje součinitel tepelné vodivosti materiálu desky. Jednotka λ je $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Řešíme nejčastěji tyto příklady:

- Vedení tepla jednoduchou stěnou.
- Vedení tepla složenou rovinnou stěnou.
- Prostup tepla válcovou stěnou.

Q_t	Tepelný tok	(W)
d	Šířka stěny	(m)
t	Teploty stěny	(K)
S	Plocha povrchu	(m ²)
λ	Součinitel tepelné vodivosti	(W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
r_1	Vnitřní poloměr	(m)
r_2	Vnější poloměr	(m)



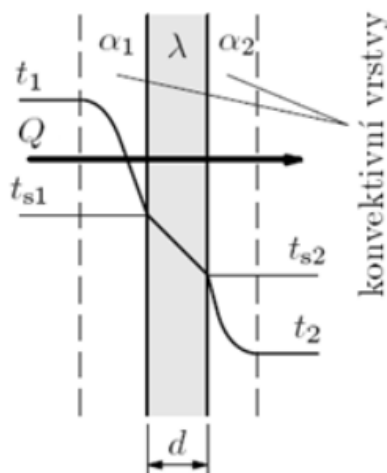
Obr. 6 a) prostup tepla válcovou stěnou, b) vedení tepla jednoduchou a složenou rovinnou stěnou. [4]

- **Přenos tepla prouděním** - K šíření tepla prouděním dochází jen v plynném a kapalném prostředí. V prostředí pevných látek není přenos tepla prouděním možný a teplo se šíří vedením. V praktickém životě se setkáváme s prouděním ve volné atmosféře nebo při tepelném obtékání těles. Ke sdílení tepla může docházet také například při styku plynu nebo kapaliny s pevnou stěnou. Teorie přenosu prouděním tepla je velmi složitá a proto se v praxi popisuje experimentálně. Rovnice, která vyjadřuje tepelný tok při sdílení tepla prouděním, je daná vztahem:

$$Q = \alpha S \Delta T \quad (2)$$

Stěna (λ) se nachází mezi dvěma prostředími, a to (α_1) a (α_2). Při přenosu tepla prouděním se z plynného prostředí (α_1) sdílí teplo prouděním do stěny (λ) ve stěně

teplo přechází vedením a mezi stěnou (λ) a prostředím (α_2) zase dochází k šíření tepla prouděním.



Obr. 7 Sdílení tepla prouděním [4]

- **Přenos tepla zářením** - každé těleso, které má vyšší teplotu než je absolutní nula, vyzařuje do prostoru tepelnou energii v podobě elektromagnetického záření. Každé takové těleso může tuto tepelnou energii absorbovat nebo vyzařovat. Když těleso přijme energii vyzařovanou od jiného tělesa, zahřívá se. Když více energie těleso vyzařuje, než přijme od jiného, ochlazuje se. Tento způsob přenosu tepelné energie zářením, se vyznačuje možností přenášet tuto energii i v prostoru jako je vakuum. Na barvě a jakosti povrchu nejvíce závisí velikost odrazivosti a pohltivosti záření měřených těles. Jestliže dopadá na těleso tepelné záření, určitou část energie tělesem projde, část se odrazí a zbytek je tělesem pohlceno. [1]

Také platí, že součet pohltivosti, odrazivosti a propustnosti je roven jedné.

- **Pohltivost** = Poměr energie tělesem pohlcené k energii na těleso dopadající.
- **Odrazivost** = Poměr energie odražené tělesem k energii na těleso dopadající.
- **Propustnost** = Poměr mezi energií prošlou tělesem k energii na těleso dopadající.

Absolutně černý povrch, který pohltí veškerou energii

Pohltivost = 1, odrazivost a propustnost = 0

Absolutně bílý povrch, který veškerou energii odrazí

Odrazivost = 1, propustnost a odrazivost = 0

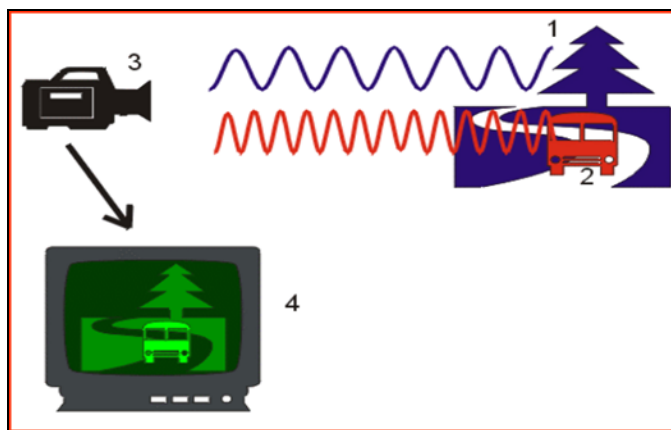
Absolutně průzračné těleso, které veškerou energii propustí

Propustnost = 1, pohltivost a odrazivost = 0

4. Základy termografie

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [1], [6]

Princip termografie spočívá v měření částí elektromagnetického spektra. Elektromagnetické spektrum bývá rozděleno do několika vlnových pásem.

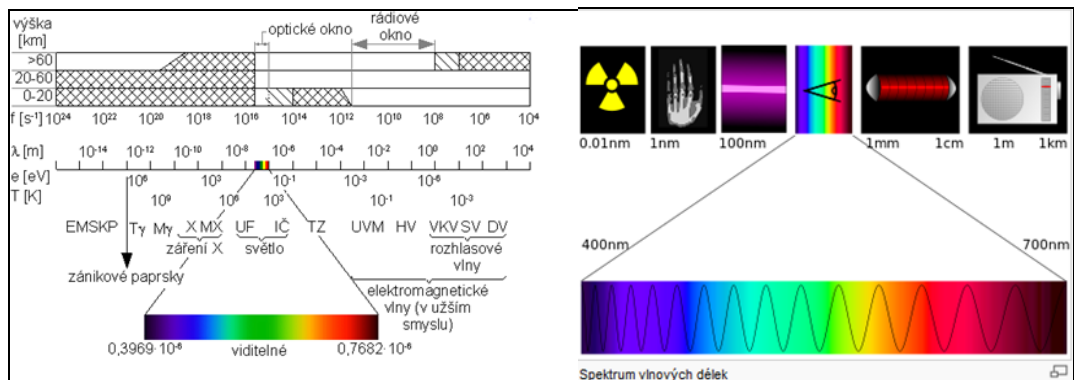


Obr. 8 Snímání v infračerveném pásmu [6]

Vlnová délka, která se značí λ (lambda), je základní charakteristikou elektromagnetického vlnění. Měří se ve vhodných délkových jednotkách jako je nanometr 10^{-9} m. Frekvence je analogická veličina, která nám říká, jak často vlna kmitne během jedné sekundy. Dalším parametrem je vlnová délka udávající vzdálenost dvou hřbetů vln.

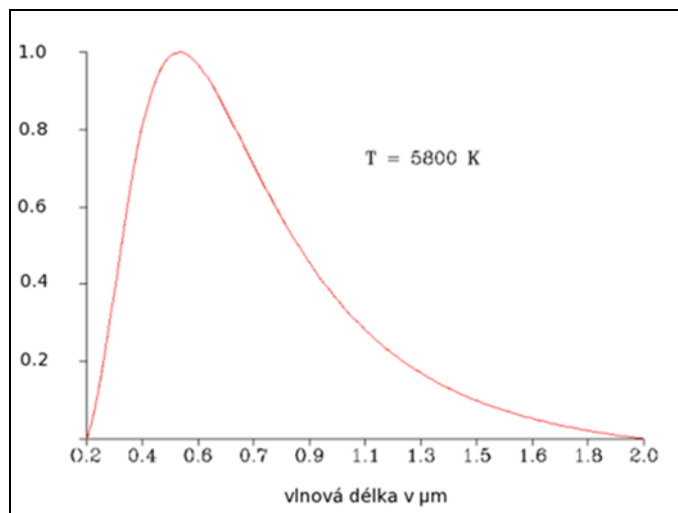
Po zjištění intenzity a rozřídění vlnových délek, které jsou vydávány určitým zdrojem, dostaneme elektromagnetické spektrum (obr 9). Elektromagnetické spektrum obsahuje všechny vlnové délky. Oblast vlnových délek od 380 nm po 750 nm vnímáme jako světlo.

Elektromagnetické spektrum obsahuje všechny druhy elektromagnetického záření, jako jsou: mikrovlny, gama záření, rentgenové záření, UV záření, infračervené záření, radiové vlny a viditelná část spektra. Infračervené pásmo, které využíváme při termografickém měření, se dělí do čtyř pásem: blízké, střední, vzdálené, a velmi vzdálené. Měřicí systémy rozdělujeme ještě na dlouhovlnné (5- 15 μ m) a krátkovlnné (2 - 3 μ m).



Obr. 9 Elektromagnetické spektrum [6]

Díky elektromagnetickému spektru bylo objeveno ultrafialové a infračervené záření. Toto záření má menší energii než světlo a ultrafialové naopak větší (obr. 9). Křivka na obrázku (obr. 10) platí pro vyzařování černého tělesa. Stefan – Boltzmannovým zákonem je dána celková energie vyzařována černým tělesem. [6]



Obr. 10 Křivka vlnové délky [6]

4.1 Termíny a definice

Tyto termíny a definice jsou uvedené z normy ČSN ISO 18434-1. [9]

Zdánlivá teplota – Nekompenzované údaje infračervené termografické kamery obsahující veškeré dopadající záření na detektor přístroje a to bez ohledu na zdroj záření.

Útlumové prvky – Atmosféry, filtry, okna, přídavná optika, ostatní prvky nebo materiály a media, které utlumují infračervené záření objektů.

Černé těleso – Ideální zdroj a pohlcovač zářivé infračervené tepelné energie všech vlnových délek (poznámka: ideální černé těleso je popsáno pomocí Planckovým zákonem).

Emisivita – Značí se písmenem ε . Je to poměr energie vyzařované z povrchu objektu k vyzařované energii černého tělesa se stejnou teplotou jako má objekt a v tom samém spektrálním intervalu.

Infračervená termografická kamera (IČT kamera) – Měřicí přístroj snímající z povrchu tělesa infračervenou energii. Tuto energii dále prezentuje jako barevný nebo černobílý obraz a barevné odstíny nebo šedi odpovídají rozložení zdánlivých teplot na povrchu objektu (poznámka: někdy tyto obrazy nazýváme termogramy).

Zpracování obrazu – Převedení pořízeného obrazu do digitální formy a následná úprava obrazu pro vizuální analýzu nebo počítačové zpracování. (poznámka: zpracovaný termogram nebo infračervený obraz může obsahovat měření teplot v bodech, stupnici teploty, úpravu obrazu, profily teplot, pořízena data a odečty hodnot).

Infračervený (IČ) – Jedná se o část elektromagnetického červeného spektra viditelných vlnových délek od 0,75 μm do 1 000 μm (poznámka: většina měření se provádí v infračervené oblasti spektra ve vlnových délkách od 0,75 μm do 15 μm a to vzhledem ke konstrukci přístroje a spektrální propustnosti atmosféry).

Izoterma - Je to funkce vložená do obrazu přístroje, která zvýrazní místa se stejnou zdánlivou teplotou.

Infračervená termografie (IČT) – Prostřednictvím bezkontaktního zařízení pro zobrazování teplot získáváme rozbor „teplotních informací“.

Záření, tepelné – Způsob šíření tepla pohlcováním a vyzařováním elektromagnetického záření, probíhajícího v rychlosti světla (poznámka: Na rozdíl od proudění a šířením tepla vedením se může šířit i ve vakuu. Protože se přenos infračervené energie z objektu na detektor uskutečňuje zářením, dovoluje tento způsob přenosu tepla využít infračervenou termografii).

Odrazivost - Poměr odražené zářivé energie od povrchu objektu k celkové zářivé energii dopadající na povrch tohoto objektu (poznámka: $\rho = 1 - \varepsilon - \tau$, ideální zrcadlo má odrazivost rovnou 1,0; absolutní černé těleso pak $\rho = 0$. Odrazivost je poměr intenzity celkového záření dopadajícího na povrch k intenzitě odraženého záření; reflektance/činitel odrazu je poměr dopadajícího toku k odraženému toku. Tyto oba termíny se mohou používat zaměnitelně v termografii).

Odražená zdánlivá teplota – Tato zdánlivá teplota jiných objektů se odráží od povrchu měřeného objektu směrem do termografické kamery (poznámka: značí se T_{odr} – T_{refl}).

Opakovatelnost – Je to schopnost přístroje zopakovat přesně měření nepohyblivého objektu v dlouhém nebo krátkém intervalu času (poznámka: vyjádření opakovatelnosti se udává v \pm procent nebo stupňů z celé stupnice).

Zpracování signálu – Signál teploty nebo data obrazu se zpracovávají pro účely řízení procesu nebo zvýraznění (příklady: U kamer, skenerů a rozbočovačů je to izoterma, seřízení, průměrování obrazu, filtrace obrazu a odečty. U infračervených bezkontaktních teploměrů to je minimální zaznamenaná a maximální zaznamenaná hodnota, průměrná hodnota a zaznamenaný vzorek.

Prostorové rozlišení přístroje – Vzhledem k pracovní vzdálenosti se jedná o velikost měřeného bodu (poznámka: u infračervených bezkontaktních teploměrů je tato hodnota uváděna v miliradiánech nebo jako poměr pracovní vzdálenosti k velikosti měřícího bodu. U kamer, skenerů a zobrazovačů je tato hodnota většinou vyjádřena v miliradiánech.

Měřený objekt – Jedná se o povrch měřeného objektu.

Termogram – Obraz objektu nebo teplotní mapa, ve kterém je pomocí barevného zobrazení nebo šedého tónování vyjádřeno rozložení infračervené vyzařované energie z povrchu měřeného objektu.

Propustnost (transmittance) – Značíme ji písmenem τ . Část infračervené zářivé energie dopadající na povrch měřeného objektu v určitém spektrálním intervalu, tato zářivá energie objektem prostupuje (poznámka: $\tau = 1 - \varepsilon - \rho$).

Kde je:

τ - propustnost

ε – emisivita

ρ – odrazivost

Poznámka: pro absolutní černé těleso $\tau = 0$. Ta část záření dopadajícího na objekt, která objektem prostoupí, nazýváme propustnost.

Pracovní vzdálenost – vzdálenost od měřicího přístroje (vstupní optika) po měřený objekt.

4.2 Záření reálných těles

Každé těleso svým povrchem v čase vyzařuje energii a tento jev nazýváme zářivý tok. Jestliže těleso vyzařuje tuto energii, sníží se teplota tělesa. Aby došlo k termodynamické rovnováze, musí být teplota tělesa stejná jako je teplota okolí a ztracená energie tělesa musí být dodána tepelným zářením z vnějšku. [1]

Tři základní radiační zdroje:

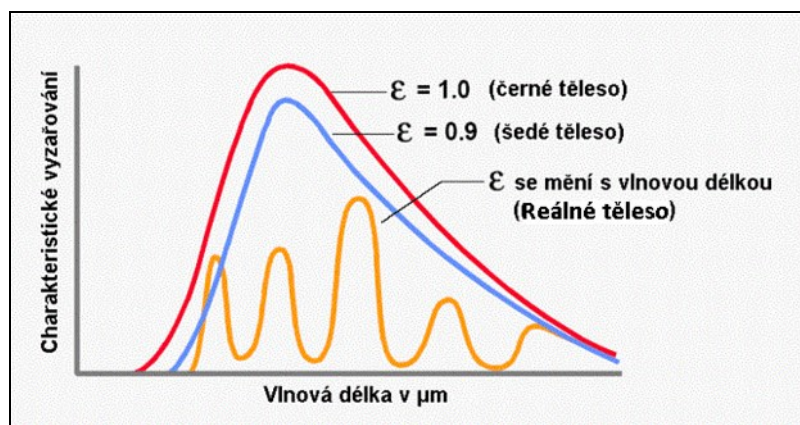
(Absolutní) Černé těleso - Ideální zdroj a pohlcovač zářivé infračervené tepelné energie všech vlnových délek (poznámka: ideální černé těleso je popsáno pomocí Planckovým zákonem). (Absolutní) černé těleso má hodnotu emisivity $\varepsilon = 1$. Pro (absolutně) černé těleso platí tyto zákony:

- **Stefan – Boltzmannův zákon** – Vyjadřuje vztah mezi celkovou hustotou zářivého toku a absolutní teplotou absolutně černého tělesa.
- **Wienův zákon** – Vyjadřuje vztah mezi vlnovou délkou záření a teplotou absolutně černého tělesa.

- **Planckův zákon** – Vyjadřuje rozložení emitované energie pro danou teplotu černého tělesa jako funkci vlnové délky tepelného záření.

Šedé těleso - Nedokonalý zářič, který má emisivitu ε vyšší než 0 a nižší než 1.

Reálná tělesa (selektivní zářič) - zdroj záření, jehož vlastnosti jsou stejné u většiny těles a spektrální hustota intenzity vyzařování závisí na vlnové délce záření.



Obr. 11 Intenzita vyzařování různých těles [1]

4.3 Kompenzační parametry při měření

4.3.1 Emisivita

Značí se písmenem ε . Je to poměr energie vyzařované z povrchu objektu k vyzařované energii černého tělesa se stejnou teplotou jako má objekt a v tom samém spektrálním intervalu. Emisivita je velmi důležitým parametrem při měření termografickou metodou. Abychom provedli měření pomocí infračervené termografické kamery správně, je důležité nastavit tuto emisivitu vhodně dle prostředí a materiálu měřeného objektu (tab. 1). Pro určení hodnoty emisivity může sloužit tabulka materiálu s předepsanou emisivitou. Tyto hodnoty jsou pouze informativní a mnohdy emisivitu určujeme dvěma způsoby:

- Pomocí kontaktního měření teploty. Teplota měřeného objektu je závislá na emisivitě.

- Pomocí porovnání s referenčním povrchem (referenční nálepka), u kterého známe emisivitu.

Hodnota emisivity reálných těles je závislá:

- Na struktuře materiálu měřeného objektu.
- Na teplotě povrchu měřeného objektu.
- Na vlnové délce.
- Na směrových podmínkách.
- Na materiálu měřeného objektu.

Tab. 1 hodnot emisivity pro různé materiály [2]

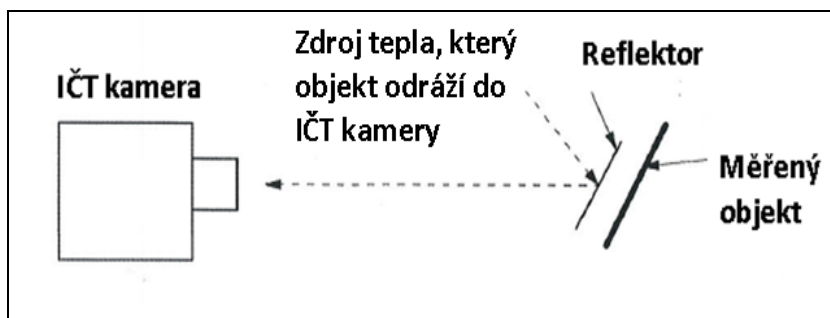
Materiál	Emisivita
Azbestová deska	0,96
Beton neopracovaný	0,97
Cihla, červená normální	0,93
Cihla, šamot	0,85
Omítnutá zed'	0,95
Dřevo	0,98
Hliníková folie	0,04
Měď, leštěná	0,02
Měď, oxidovaná	0,60

4.3.2 Vliv teploty okolí

Parametr vliv teploty okolí využíváme pro kompenzaci radiace, která je odražená od měřeného objektu a radiace atmosféry mezi infračervenou termografickou kamerou a měřeným objektem. Jestliže je vzdálenost od měřeného objektu vysoká a emisivita nízká a teplota měřeného objektu blízká teplotě okolí, musíme nastavit přesně hodnotu teploty okolí pro kompenzaci jejího vlivu na výslednou teplotu.

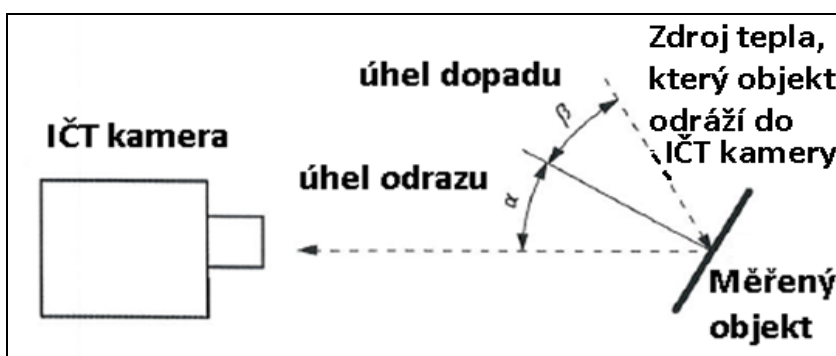
Vliv teploty okolí můžeme určit dvěma metodami:

- Metoda odrazu.

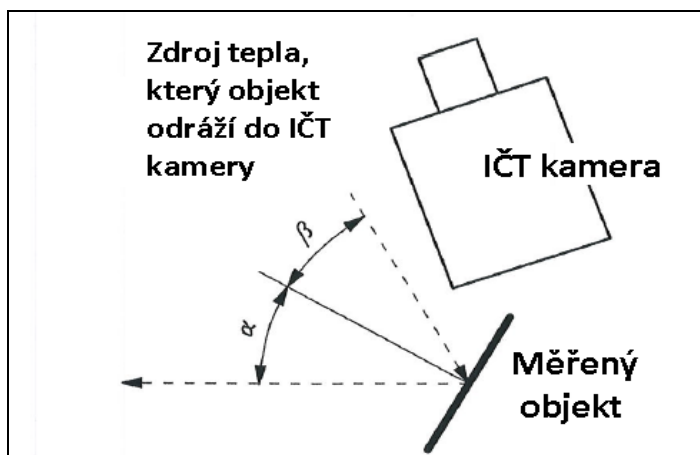


Obr. 12 Metoda odrazu [9]

- Metoda přímá.



Obr. 13 Metoda přímá krok 1 [9]



Obr. 14 Metoda přímá krok 2 [9]

4.3.3 Atmosféra

Jestliže provádíme měření objektu ve venkovním prostředí, může nám toto měření ovlivňovat vliv slunečního záření odrážejícího se od objektu do infračervené termografické kamery. Moderní infračervené termografické kamery umí odražené sluneční záření potlačit. Dalším důležitým doporučením je neprovádět termografické měření za sněžení, mlhy a deště. Tyto podmínky výrazně snižují přesnost měření.

4.4 Způsoby termografického měření

Srovnávací termografii rozdělujeme na dva způsoby termografického měření:

- **Kvantitativní srovnávací termografie** - Při této metodě se měří hodnoty teplot měřeného objektu, které jsou následně použity pro určení závažnosti stavu objektu. Hodnoty teplot se porovnávají s teplotami podobného objektu nebo se základními daty. Věrohodnými údaji pro objekty s vysokou emisivitou povrchu jsou často teploty a rozdíly teplot. Často nespolehlivé údaje pro objekty s nízkou emisivitou materiálu jsou teploty a rozdíly teplot z důvodu chyb způsobenými změnami v okolí prostředí. V praxi je však mnoho aplikací, kde je vhodné využívat pro monitorování a diagnostiku zařízení kvantitativní srovnávací metodu měření.
- **Kvalitativní srovnávací termografie** - Tato metoda porovnává termogram měřeného objektu s termogramem stejného nebo podobného objektu za stejných nebo podobných podmínek. U těchto termogramu je vyhodnocována intenzita změn mezi dvěma nebo více objekty a to bez přiřazování hodnot teploty k termogramu. Metoda je velice snadná a rychlá. Nevyžaduje žádné korekční činitele pro emisivitu povrchu, vlivy okolí a atmosféru. Výsledek měření může určit závadu objektu, ale neposkytne úroveň její závažnosti. [1]

4.5 Metody termografie

Metody termografie rozdělujeme:

- **Pasivní termografie** - Využívá se při zobrazování teplotních polí na povrchu měřeného objektu. Pomocí infračervené termografické kamery se pasivně snímá energie vyzařovaná z objektu a následně se vyhodnocuje. Pasivní termografie se nejčastěji využívá k monitorování objektu v rámci preventivní údržby.

- **Aktivní termografie** - Tato metoda je založena na řízené stimulaci vlny v měřeném tělese pomocí snímání rozložené teploty infračervenou termografickou kamerou na povrchu tělesa a analýzu signálu. V povrchové vrstvě tělesa se projeví defekty diferencemi v rozložení povrchové teploty. Ve vnitřní části tělesa je umístěn zdroj tepla, aby aktivoval tepelné záření tělesa. Zdroj tepla uvnitř tělesa může být v podobě: pulzního laseru, halogenové lampy, výkonového blesku, teplého proudícího vzduchu, xenonové výbojky. Vybuzení tepelné stimulace může proběhnout také vnitřním třením struktury tělesa prostupující ultrazvukovou vlnou. Stimulaci vybuzenou z externí cívky indukovanými vířivými proudy lze vybudit u elektrických vodových objektů. [1]

5. Termografická diagnostika

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [1], [2], [5]

Nedestruktivní metoda technické diagnostiky umožňuje zobrazení infračerveného záření diagnostikovaného tělesa. Záření následně prezentuje jako teplotu rozloženou na povrchu tělesa. Za pomoci infračervené termografické kamery zaznamenáváme tento obraz (termogram) a umožní nám zobrazit teplotu v každém bodě obrazu. Díky termografickému měření objektu jsme schopni ihned rozeznat a detekovat poruchu, např. zda se teplota dvou stejných těles liší. Práce s infračervenou termografickou kamerou je podobná jako s klasickým fotoaparátem, ale musíme si dát pozor na parametry ovlivňující přesnost měření. Důležitým parametrem je emisivita měřeného objektu, kterou musíme určit nebo ji předem znát. Emisivitu nastavíme pomocí teploty měřeného objektu nebo lepicích pásek na úpravu emisivity. Existuje také možnost nastavení hodnoty dle tabulky emisivity pro různé materiály, ale tyto hodnoty jsou jen orientační (viz příloha A). Dalším parametrem ovlivňující měření je zdánlivá odražená teplota, což je tepelné ovlivňování dvou sousedících těles. Důležitá je také velikost zobrazeného bodu. Tento parametr závisí na použité optice přístroje, vzdálenosti tělesa k infračervené termografické kameře a rozlišení detektoru.



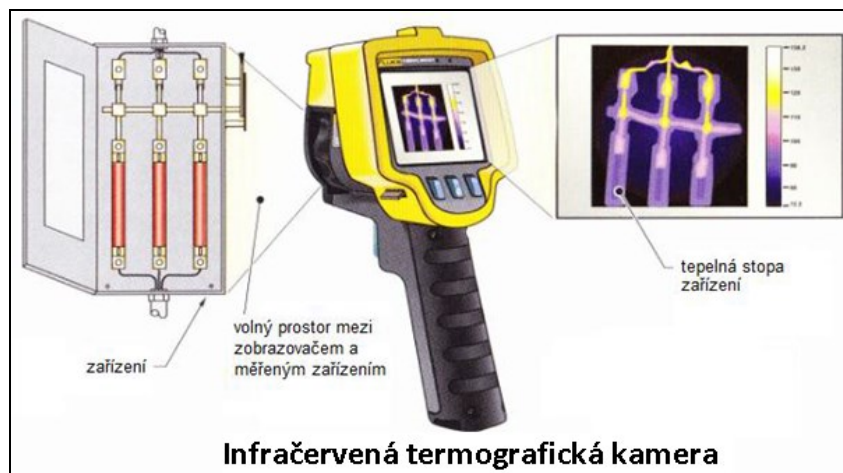
Obr. 15 Termografická diagnostika při porovnání teplot stejných objektů. [1]

5.1 Historie infračervených termografických kamer

Pomocí infračervené termografické kamery jsme schopni zachycovat infračervené záření objektu bez nutnosti přímého kontaktu s ním. Od roku 1916 do 1918 experimentoval vynálezce Theodore Case s fotografickým detektorem k získání signálu skrze působení fotonů na místo tepelného záření. Díky této technice byl vynalezen citlivější a rychlejší fotodetektor. Technologie pro zobrazování tepelného záření se začala rozvíjet během 40. a 50. let 20. století, a to hlavně kvůli vojenským aplikacím.

První volně prodejné infračervené termografické kamery byly k dostání v obchodech od 60. let. Kamery byly ovšem pomalé dost velké a s malým rozlišením. Využití našly v elektrotechnice při kontrole distribučních systémů a rozvaděčů. V 70. letech dochází k mnohým vylepšením přístroje a objevuje se první přenosná infračervená termografická kamera, která našla uplatnění v nedestruktivním testování materiálu a diagnostice oteplení budov.

Kvalita snímku byla velmi špatná ve srovnání s dnešními přístroji. Začátkem 80. let se infračervené termografické kamery využívaly v medicíně, tepelné kontrole budov a v pasové výrobě. Později byly vynalezeny levnější infračervené termografické kamery na principu pyroelektrickém vidikonu (PEV). Tato technologie sice nebyla radiometrická, ale kamery byly skladné, přenosné a plně provozuschopné. Na konci 80. let byla armádou uvolněna technologie pod názvem ohniskový svazkový detektor. Jednalo se o čidlo, které obsahovalo v ohniskové vzdálenosti optické čočky čidlo obsahující svazek infračervených detektorů. To vedlo ke zvýšení prostorového rozlišení a lepší kvalitě snímku. [5]



Obr. 16 Použití infračervené termografické kamery [5]

5.2 Popis infračervené termografické kamery

Princip funkce infračervené termografické kamery

Do infračervené termografické kamery přes optiku vstupuje infračervené záření od měřeného objektu, které dopadá na detektor a ten mění svůj odpor či napětí. Na tuto změnu reaguje elektronika infračervené termografické kamery a vytváří obraz (termogram). Na tomto obrazu odstíny barvy odpovídají vlnovým délkám infračerveného záření snímaného objektu.



Obr. 17 Použití infračervené termografické kamery [5]

Infračervená termografická kamera obsahuje několik základních částí: čočky - optiky, display, detektor s vyhodnocovací elektronikou (obr. 18).

Čočky – optika

Čočky jsou umístěny v přední části infračervené termografické kamery a slouží k přesnému soustředění infračerveného záření na detektor uvnitř kamery. Čočky jsou obvykle vyrobeny z germania (Ge). Pro zlepšení přenosu záření je čočka vybavena antireflexní vrstvou.

Display infračervené termografické kamery

Display je umístěn na zadní části kamery a slouží k zobrazení tepelného obrazu (termogram). Většinou se jedná o technologii LCD a musí být dostatečně velký a podsvícený. Informuje o stavu přístroje a zobrazuje veškeré potřebné informace (baterie atd.).

Detektor s vyhodnocovací elektronikou

Detektor převádí infračervenou energii, která skrz čočku vstupuje do infračervené termografické kamery na elektronicky měřitelný údaj. Tento údaj je dále zpracováván elektronikou kamery a následně zobrazen na display jako termogram. [5]



Obr. 18 Popis infračervené termografické kamery [5]

5.3 Odhalování závad termograficky

Abychom mohli správně detekovat závadu na objektu, je nutné mít základní znalosti o možných abnormálních projevech částí objektu. Například při diagnostice elektrického zařízení, toto musí být proudově zatíženo. Na elektrickém stykači, který není zatížen, nelze diagnostikovat závadu. Jen když stykačem proteče proud, může být závada zobrazena teplejším místem na termogramu. To platí i například u vypínačů VN, elektromotorů a jiných strojních zařízení, která musí být v provozu a určitým procentem výkonu zatížena.

5.3.1 Pravidelná údržba

Jedná se o plánované úkony, sloužící k dlouhodobému udržení efektivity operačního procesu. Vede k minimalizaci selhání zařízení a zvyšuje bezpečnost práce na nich. Samozřejmě že se tato plánovaná údržba projeví v minimalizaci úrazů při práci, prodlouží se životnost strojů a zlepší se efektivita výroby. Pomocí termografického měření a termogramu můžeme stanovit rozsah oprav či výměny části strojů pro zajištění spolehlivosti. Díky termografické diagnostice můžeme včas odhalovat nadměrné zahřívání stroje snadno a rychle.

5.3.2 Prediktivní údržba

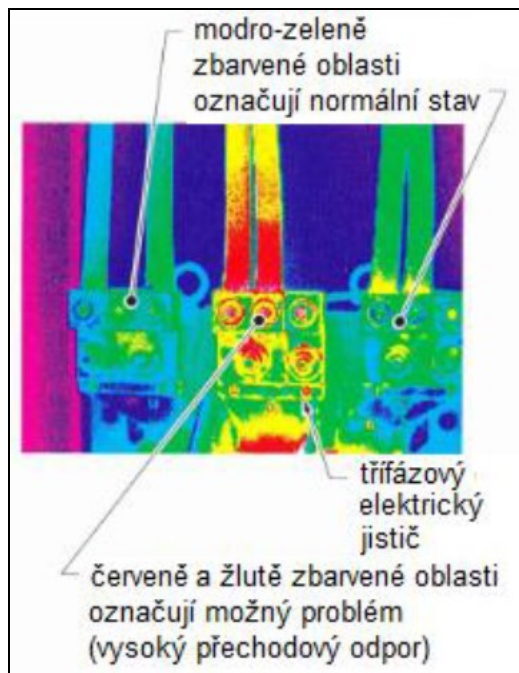
Provádí se u strojů a zařízení, která jsou klíčová a nákladná. Údržba spočívá v plánovaném monitorování stavu opotřebení stroje oproti povoleným mezím a následné predikci možných závad. Vyžaduje investici do zařízení pro monitorování stavu stroje a školení pracovníků. Díky této údržbě můžeme omezit plánovanou kontrolu. K monitorování a zjištění provozuschopnosti stroje se využívá termografická diagnostika. Termografická prohlídka se provádí například při převzetí nového stroje a jeho instalace. Můžeme tak ověřit dodržení předepsaných parametrů výrobcem nebo pro porovnání stavu k další prohlídce stroje. Termogram nám může znázornit, zda byla instalace stroje provedena správně či nikoliv. Po uvedení zařízení do provozu může být tato závada diagnostikována a následně odstraněna rovnou po instalaci. [5]

5.4 Inspekční metody

Používají se tři základní metody kontroly infračervenou termografickou kamerou. Jsou to tyto metody: porovnávací termografie, výchozí termografie a směrníková. Je důležité, aby byla použita správná metoda pro určitou aplikaci pro zajištění účinnosti kontroly.

5.4.1 Porovnávací termografie

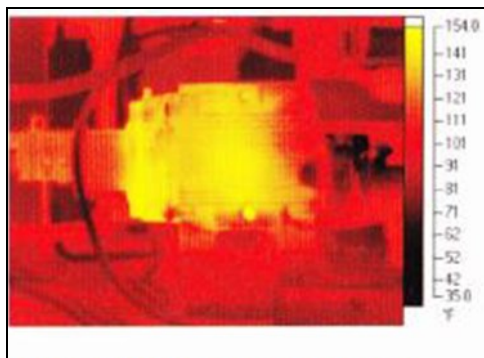
Metoda, při které porovnáváme termogram diagnostikovaného zařízení s termogramem dalšího shodného zařízení, které má správné hodnoty za stejných podmínek. Pokud dodržíme všechny podmínky porovnávací termografie, zpozorujeme rozdíl ve stavu zařízení. Doporučuje se určit požadované tolerance stavu zařízení a během diagnostiky v nich zůstat. Při porovnávání shodných zařízení je mnohdy jednoduché odhalit závadu, ale vyžaduje to zkušenosti a pozornost technika. U této metody musí být splněná podmínka, aby zařízení bylo vždy stejně proudově zatížené. V opačném případě musí být k tomuto přihlédnuto.



Obr. 19 Diagnostikování závady pomocí porovnávací termografie [5]

5.4.2 Výchozí termografie

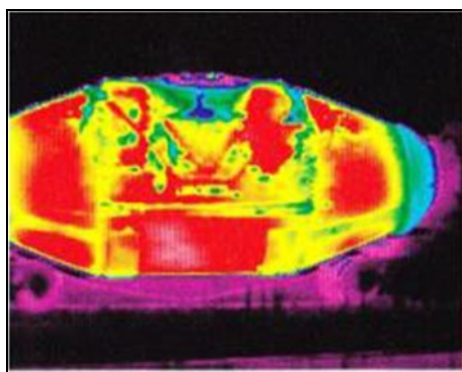
Její podstata spočívá v určení referenčního stavu objektu, který se určí za normálních podmínek a při optimálním pracovním režimu. Objekt se nasnímá pomocí infračervené termografické kamery jako termogram a ten je v později použit k porovnání s budoucími termogramy objektu.



Obr. 20 Výchozí termografie – elektrický obvod [5]

5.4.3 Směrniová termografie

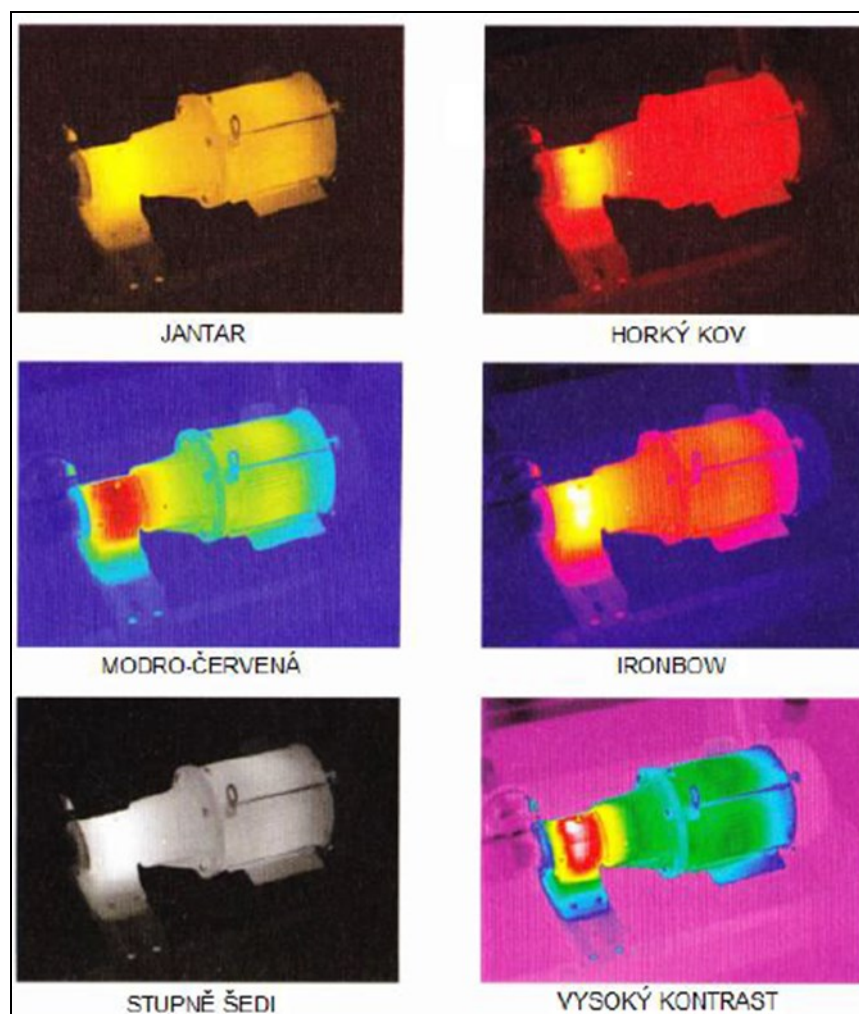
Směrniová termografie je metoda porovnávající distribuci teploty za jednotku času ve stejných objektech. Používá se například u mechanických zařízení, u kterých jsou většinou tepelné stopy dost složité. Aplikuje se například u kontroly žáruvzdorné izolace, u které se závada může projevat v podobě pomalého tepelného projevu.



Obr. 21 Směrniová termografie - Dopravní vozík naplněný roztaveným kovem [5]

5.4.4 Barevné palety

Barevné schéma, pomocí kterého je schopna infračervená termografická kamera zobrazovat termogram na displeji. Existuje více barevných schémat zobrazení termogramu. Důležité je vybrat tu, na které je nejvíce znázorněna závada objektu. Ideální je, když má možnost technik si tyto barevné palety měnit i později na počítačovém software po pořízení termogramu. [5]



Obr. 22 Barevné palety termogramů elektromotoru [5]

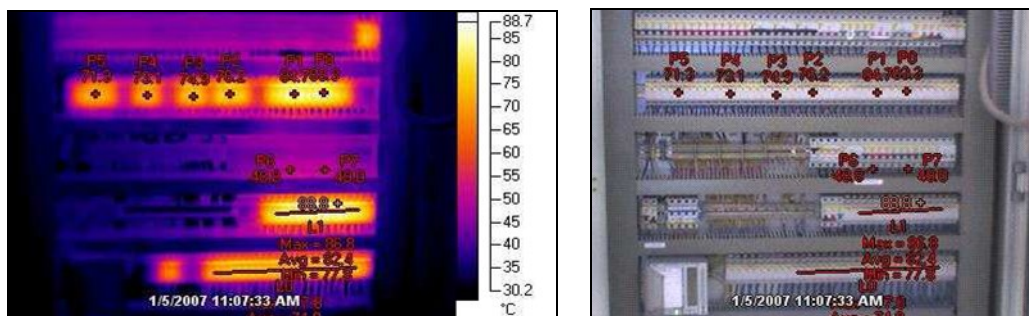
5.5 Využití termografické diagnostiky v praxi

Termografická diagnostika v elektrotechnice

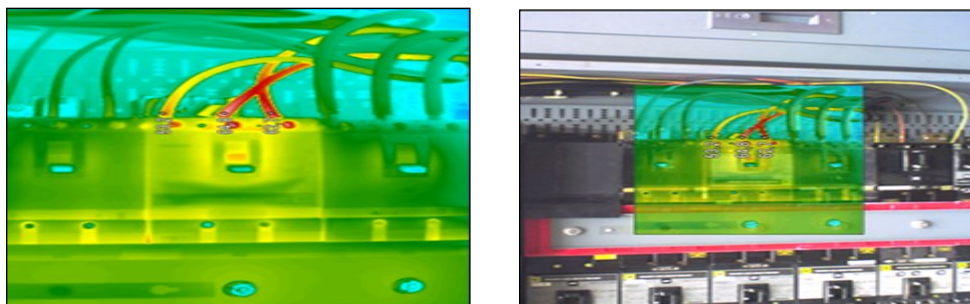
V elektrotechnice se využívá termografická diagnostika k detekci problémových míst při výrobě a distribuci elektrické energie, ale také při diagnostice elektrických zařízení a strojů během jejich provozu. Jelikož se jedná o bezkontaktní měření, kdy není nutný zásah do příslušného zařízení a jeho odstavení z činnosti. Zavedením pravidelných kontrol je možné detekovat závady již v jejich raném stádiu.

Termografická diagnostika elektrických strojů a zařízení se využívá při:

- Kontrole elektrické energie.
- Kontrole transformátorů.
- Kontrole rozvoden VN a VVN.
- Kontrole rozvaděčů.
- Kontrole oteplení elektromotoru.
- Kontrole mechanických částí rotačních strojů.



Obr. 23 Kontrola elektrických prvků rozvaděčů [2]



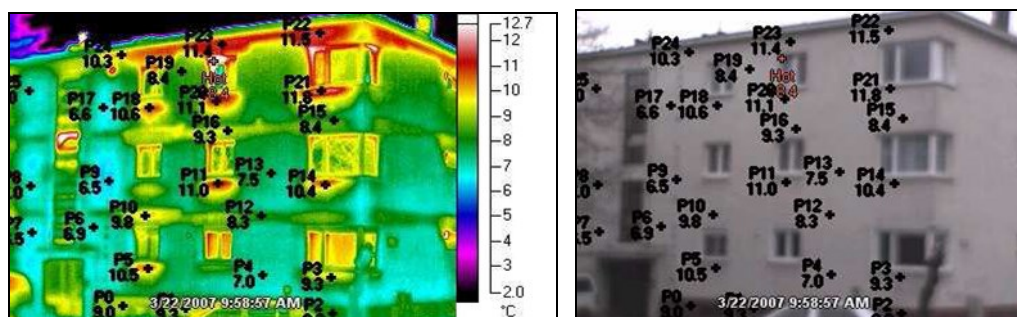
Obr. 24 Kontrola spojů [2]

Termografická diagnostika ve stavebnictví

Jedním z nejdůležitějších požadavků na obytné či průmyslové stavby je jejich energetická nenáročnost daná kvalitou tepelné izolace budovy. Termografickou diagnostikou objektů lze odhalit anomálie v rozložení teplotních polí na pláštích budov a posoudit tak kvalitu izolace.

Termografická diagnostika objektů je využívána pro kontrolu:

- Míst vykazující teplotní ztráty pro následné projektování izolace.
- Kontrola kvality provedení staveb pro kolaudační řízení.
- Vyhledávání prasklin obvodového zdiva.
- Vyhledávání závad podlahového topení a jeho vedení.
- Technologického vybavení budov.



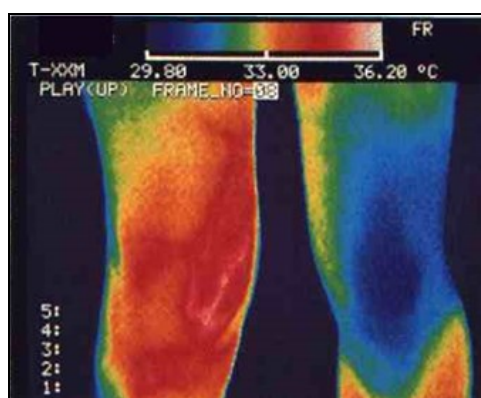
Obr. 25 Únik tepla ve štítu budovy [2]

Termografická diagnostika ve zdravotnictví

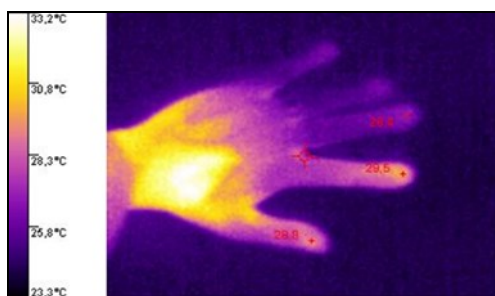
Termografická diagnostika je ve zdravotnictví využívána jako pomocná metoda. Je to jediná zobrazovací metoda založená na detekci a zpracování vlastních biosignálů vznikajících v organismu.

Termografickou diagnostikou je možné detekovat:

- Zánětlivá onemocnění kloubů.
- Onemocnění štítné žlázy.
- Chorobné stavy krevního řečiště.
- Onemocnění lymfatického systému.
- Demarkace popálenin a omrzlin.
- Sledování úspěšnosti léčby.



Obr. 26 Zánětlivé onemocnění kolene [2]



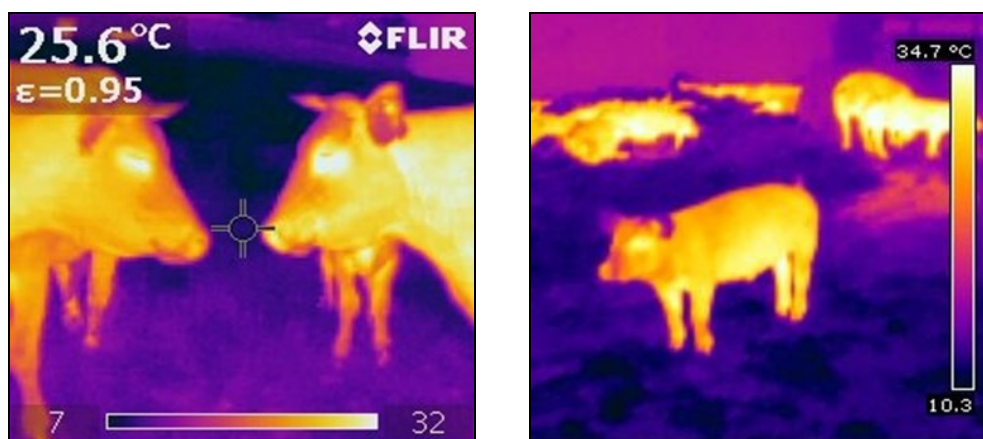
Obr. 27 Zánět prstu po úrazu [2]

Termografická diagnostika v zemědělství

V současnosti se kladou na kvalitu masných a mléčných výrobků stále větší nároky. Protože jedním z kritérií pro tyto nezávadné výrobky je také dobrý zdravotní stav dobytka, je nutné předcházet jejím onemocněním, případně šíření nemocí. Jedním z nástrojů, jak je možné předejít šíření onemocnění chovných zvířat, je použití termografické metody. Pomocí termografické diagnostiky je možné detekovat teplotní anomálie v teplotních polích zvířat, které jsou způsobeny zánětlivými onemocněními. Díky včasné detekci onemocnění jednotlivých kusů dobytka tak lze předejít škodám způsobeným přenosem nakažlivých chorob, případně znehodnocení celé výroby masných či mléčných produktů.

Termografickou diagnostiku je možné využít při:

- Mastitidě hovězího dobytka.
- Zánětech šlach a namožených svalů.
- Tepelné pohodě dobytka.
- Tepelných poměrech ve stájích.



Obr. 28 Termografický snímek skotu a vepřů [2]

6. Platná legislativa pro revize a kontroly elektrických zařízení

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [7], [8], [10], [14]

Při provádění revizí a kontrol na elektrických zařízeních nám může pomoci termografické měření infračervenou termografickou kamerou. Snadno a rychle diagnostikujeme možnou závadu. Tato diagnostická metoda je velmi bezpečná a účinná. Nedochází při ní k velkému zásahu do revidovaného zařízení.

Jedním z důvodů proč provádět kontroly a revize u elektrických zařízení, jsou platné právní předpisy, ukládající povinnost udržovat elektrická zařízení v bezpečném stavu, aby neohrožovaly bezpečnost osob, zvířat a majetku, za což zodpovídá jejich provozovatel. Toto předepisuje zákoník práce (zákon č. 262/2006 Sb.), v § 101 odstavec 1. Dalším zákonem je číslo 309/2006 Sb. v § 2, podle kterého je povinen zaměstnavatel vytvářet podmínky pro nezávadné, bezpečné a zdraví neohrožující pracovní prostředí přijímáním opatření k prevenci rizik. V § 4, který ukládá zaměstnavateli, že technická zařízení, stroje, prostředky a nářadí musí být řádně a pravidelně udržovány, revidovány a kontrolovány. Dalším právním předpisem je nařízení vlády číslo 101/2005 Sb. v §3 a § 4 vyžaduje od zaměstnavatele stanovení termínů, zkoušek, lhůt a rozsahů kontrol, revizí, termínů údržby, oprav a rekonstrukcí technického vybavení pracovišť.

V mnoha dalších právních předpisech je zohledněna povinnost provádět revize technických zařízení. Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., které stanovuje bližší požadavky na bezpečný provoz a použití strojů, technických zařízení, nářadí a přístrojů. Vyhláška číslo 73/2010 Sb., která vyhrazuje zařízení a stanovující některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti.

Revize elektrických zařízení dle ČSN 33 1500

ČSN 33 1500 je norma stanovující lhůty revizí podle druhu prostoru nebo prostředí. Před uvedením elektrického zařízení do provozu je nutné toto zařízení prověřit a vyzkoušet. Během provozu je nutné provádět pravidelné kontroly a revize tohoto elektrického zařízení.

Účelem revize elektrických zařízení je ověřování jejich stavu z hlediska bezpečnosti. Požadavky se považují za splněné, pokud elektrické zařízení odpovídá z hlediska bezpečnosti příslušným ustanovením norem.

Tato norma ČSN 33 1500 obsahuje:

Výchozí revize

Nová elektrická zařízení je možné uvést do provozu jen tehdy, byl-li jejich stav z hlediska bezpečnosti ověřen výchozí revizí, popř. ověřen a doložen dokladem v souladu se stanovenými zvláštními právními předpisy.

Pravidelné revize

Na provozovaných elektrických zařízeních musí být pravidelně prováděny revize a kontroly. V této normě jsou uvedeny lhůty pravidelných revizí dle prostředí, ve kterých jsou tato zařízení provozována (viz tab. 2).

Lhůty pravidelných revizí elektrických zařízení

Dle normy ČSN 33 1500 jsou stanoveny lhůty pravidelných revizí v závislosti na prostředí, ve kterém jsou provozovány (viz tab. 2)

Tab. 2 Lhůty pravidelných revizí dle ČSN 33 1500 [7]

a) lhůty pravidelných revizí stanovené podle prostředí (viz ČSN 33 0300)		
Poř. číslo	Druh prostředí (podle ČSN 33 0300)	Revizní lhůty v rocích
1.	základní	5
2.	normální	5
3.	studené	3
4.	horké	3
5.	vlhké	3
6.	mokré	1
7.	se zvýšenou korozní agresivitou	3
8.	s extrémní korozní agresivitou	1
9.	prašné s prachem nehořlavým	3
10.	s otřesy	2
11.	s biologickými škůdci	3
12.	pasivní s nebezpečím požáru	2
13.	pasivní s nebezpečím výbuchu	2 ¹⁾
14.	venkovní	4
15.	pod přístřeškem	4
b) Lhůty pravidelných revizí stanovené podle druhu prostoru se zvýšeným rizikem ohrožení osob		
Umístění elektrického zařízení		Revizní lhůty v rocích
1.	prostory určené ke shromažďování více než 250 osob (např. v kulturních a sportovních zařízeních, v obchodních domech a stanicích hromadné dopravy apod.)	2
2.	zděné obytné a kancelářské budovy	5 ²⁾
3.	rekreační střediska, školy, mateřské školy, jesle, hotely a jiná ubytovací zařízení	3
4.	objekty nebo části objektů provedené ze stavebních hmot stupně hořlavosti C2, C3 (podle ČSN 73 0823)	2 ³⁾
5.	pojízdné a převozní prostředky	1 ³⁾
6.	prozatímní zařízení stavenišť	0,5
c) Lhůty pravidelných revizí zařízení pro ochranu před účinky atmosférické a statické elektřiny		
Druh objektu		Revizní lhůty v rocích
1.	objekty s prostory s prostředím s nebezpečím výbuchu nebo požáru, objekty konstruované ze stavebních hmot stupně hořlavosti C1, C2, C3	2
2.	ostatní	5 ⁴⁾

Zpráva o revizi

Zpráva o provedené revizi na elektrickém zařízení dle ČSN 33 1500 musí obsahovat:

- Určení druhu revize (výchozí, pravidelná).
- Soupis použitých přístrojů.

- Vymezení rozsahu revidovaného elektrického zařízení.
- Soupis provedených úkonů (prohlídky, zkoušky a měření).
- Soupis zjištěných závad.
- Datum zahájení a ukončení revize, vypracování a předání revizní zprávy.
- Jméno a podpis revizního technika s jeho evidenčním číslem.
- Naměřené hodnoty, pokud nejsou obsaženy v dokladech použitých pro sestavení; revizní zprávy.

Revize elektrických zařízení dle ČSN 33 2000 – 6

Norma ČSN 33 2000 – 6 předepisuje, jakým způsobem se provádějí kontroly a revize na elektrických zařízeních. Předepisuje, na jakých elektrických zařízeních a co je třeba zkontrolovat.

Technici, kteří provádějí revize a kontroly na elektrickém zařízení musí být:

Dle vyhlášky 50/1978 Sb. §4 Pracovníci poučení

(1) Pracovníci poučení jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámeni s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, školeni v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámeni s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem. [10]

(2) Organizace je povinna stanovit obsah seznámení a dobu školení s ohledem na charakter a rozsah činnosti, kterou mají pracovníci uvedení v odstavci 1 vykonat, a zajistit ověřování znalosti těchto pracovníků ve lhůtách, které předem určí. [10]

(3) Seznámení, školení, upozornění a ověření znalostí podle odstavce 1 a 2 provede pro obsluhu elektrických zařízení organizací pověřený pracovník s kvalifikací odpovídající charakteru činností, a půjde-li o práci na elektrických zařízeních, pracovník s některou z kvalifikací uvedených v §5 až 9; pořídí o tom zápis, který podepíše spolu s pracovníky poučenými. [10]

Dle vyhlášky 50/1978 Sb. §6 Pracovníci pro samostatnou činnost

(1) Pracovníci pro samostatnou činnost jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří a) splňují požadavky pro pracovníky uvedené v § 5 odst. 1, b) mají alespoň nejkratší požadovanou praxi uvedenou v příloze 1, c) prokázali složením další zkoušky v rozsahu stanoveném v § 14 odst. 1 znalosti potřebné pro samostatnou činnost. [10]

(2) Zkoušku uvedenou v odstavci 1 je povinna zajistit organizace; dále je povinna zajistit nejméně jednou za tři roky přezkoušení pracovníků pro samostatnou činnost. [10]

(3) Zkoušení nebo přezkoušení provede organizací pověřená tříčlenná zkušební komise, jejíž nejméně jeden člen musí mít některou z kvalifikací uvedených v § 7 až 9. Komise o tom pořídí zápis, podepsaný jejími členy. [10]

Dle vyhlášky 50/1978 Sb. §9 Pracovníci pro provádění revizí

(1) Pracovníci pro provádění revizí elektrických zařízení (dále jen "revizní technici") jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří mají ukončené odborné vzdělání uvedené v přílohách 1 a 2, praxi uvedenou v příloze 1 a na žádost organizace složili zkoušku před některým z příslušných orgánů dozoru. [10]

(2) Pro provádění zkoušek a přezkoušení revizních techniků platí zvláštní předpisy vydané příslušnými orgány dozoru. [10]

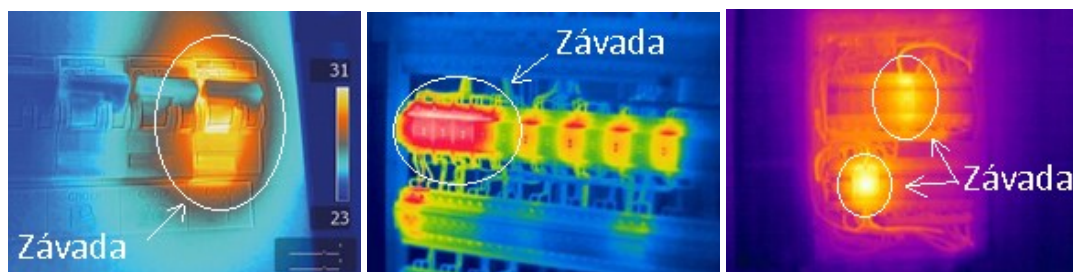
7. Termografické měření elektrických rozvodů

7.1 Měření rozvodných zařízení

Termografická diagnostika nachází uplatnění v měření vysokého, velmi vysokého a nízkého napětí. Jedná se o nedestruktivní metodu, jak odhalit možnou závadu na elektroinstalaci. U rozvodných zařízení se může závada projevovat vyšší teplotou v místě s vyšším přechodovým odporem. Prvky elektroinstalace jako spínací prvky, koncové a spojovací armatury, proudové cesty by měli mít stejnou teplotu, jako mají připojené vodiče nebo přípojnice. Jestliže prvek elektroinstalace vykazuje vyšší teplotu oproti shodným nebo podobným prvkům, lze usuzovat na závadu a následně provést podrobnější analýzu měřeného bodu. Tato metoda technické diagnostiky má velmi dobré využití při preventivních kontrolách elektrotechnických zařízení a na základě výsledku měření provádění cílené údržby. To má za následek ekonomický efekt v podobě snížení počtu poruch elektrického zařízení, snížení poškození izolace z důvodu vysokých teplot vodičů. Hlavním důvodem, proč provádět kontroly těchto elektrotechnických zařízení, je riziko vzniku požáru v důsledku nadměrného přehřátí vadných prvků v těchto elektrotechnických zařízení.



Obr. 29 Závady na proudové dráze odpojovače v silové části rozvodny vysokého napětí [2]



Obr. 30 Nadměrné zahřívání jisticích prvků elektrického rozvaděče [2]

Je nutno brát zřetel na skutečnost, že při průchodu elektrického proudu vadným kontaktem (studený spoj nebo nedotažený spoj), na kterém vzniká nerovnoměrné rozdílné oteplení dané plochy nebo vodiče. Z těchto důvodů provádíme termografické měření elektrotechnického zařízení při plném proudovém zatížení. Pokud měřené elektrické zařízení není plně proudově zatíženo, provedeme korekční výpočet, z okamžitého proudového zatížení na požadované. Tyto výpočty jsou pouze přibližné, proto je nutno brát zřetel na okolní podmínky, např. proudění vzduchu apod.

Výpočet tepelného zatížení kontaktu při požadovaném proudovém zatížení:

$$T_{zát.} = (T_{\text{kontaktu}} - T_{\text{okolí}}) \cdot \left(\frac{\text{Zátěž nová}}{\text{Zátěž původní}} \right)^2 + T_{\text{okolí}} \quad (3)$$

Jestliže provedeme termografické měření na elektrickém obvodu, kde je teplota na kontaktu $T_{\text{kontaktu}} = 30^{\circ}\text{C}$ a teplota okolí $T_{\text{okolí}} = 20^{\circ}\text{C}$ (za teplotu okolí lze považovat teplotu ovzduší v rozvodné skřini nebo teplotu vodiče dostatečně vzdáleného od místa, kde je kabel zahříván apod.). Zjištěná proudová zátěž kontaktu je 40 % a potřebujeme zjistit, jaká bude teplota kontaktu při proudové zátěži 80 %.

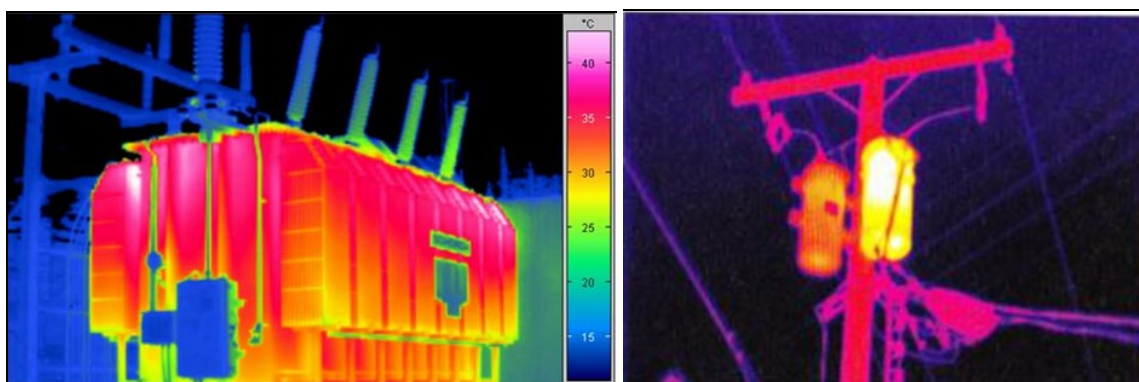
$$T_{zát.} = (T_{\text{kontaktu}} - T_{\text{okolí}}) \cdot \left(\frac{\text{Zátěž nová}}{\text{Zátěž původní}} \right)^2 + T_{\text{okolí}} \quad (4)$$

$$T_{80\%} = (30 - 20) \cdot \left(\frac{80}{40} \right)^2 + 20 = 60^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

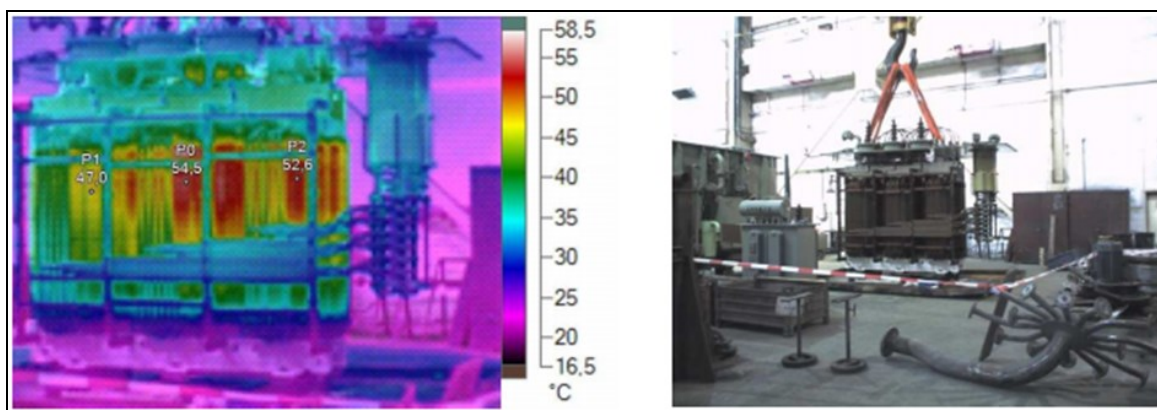
Z toho vyplývá, že při nárůstu proudové zátěže ze 40 % na 80% se zvýší teplota kontaktu o 30 °C. Při plném zatížení by byla teplota kontaktu ještě vyšší. Proto je důležité brát ohledy na to, že i když to tak nevypadá, může při plném zatížení dojít k výraznému problému, proto je vždy nutné na to myslet. Při nadměrnému zahřívání vodičů se zkracuje jejich životnost. V případě elektromotoru, u kterého je překročena doporučená provozní teplota v místě vinutí o 10 °C zkrátí se životnost na 50 %. Při překročení provozní teploty o 20 °C zkrátí se životnost na 75 % a o 30 °C již o 80 %. [1], [2]

7.2 Měření transformátorů

Transformátor je elektrické zařízení, které umožňuje přenášet elektrickou energii mezi obvody pomocí elektromagnetické indukce. Používá se při přeměně z nízkého střídavého napětí na vysoké napětí. Při provozu se transformátor zahřívá, a proto je vybaven olejovým chladičem. Aby docházelo ke správnému chlazení transformátoru, je nutno kontrolovat stav množství olejové náplně chladiče transformátoru. Kontrolu můžeme provádět termograficky, a to bez nutnosti přímého zásahu do kontrolovaného zařízení. Na pořizovém termogramu pak vidíme výšku hladiny olejové náplně. Další závadou a příčinou nadměrného zahřívání transformátoru může být mezizávitový zkrat ve vinutí, velký přechodový odpor atd. Tyto závady odhalíme pomocí termografické diagnostiky, a to především bez nutnosti přímého kontaktu s transformátorem. Jedná se tedy o velmi bezpečnou metodu.



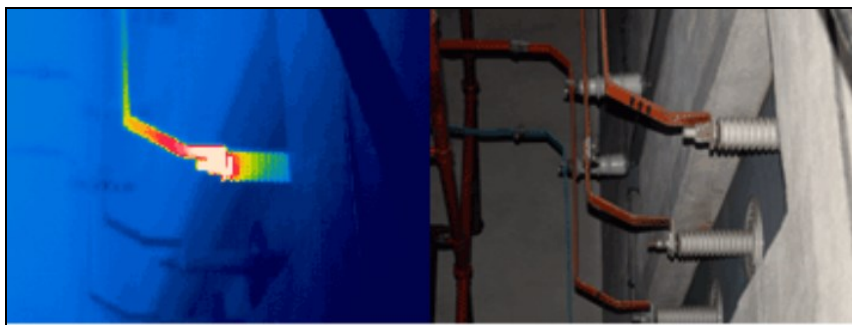
Obr. 31 Přehřívající se transformátor [2]



Obr. 32 Teplotní pole cívek transformátoru [2]

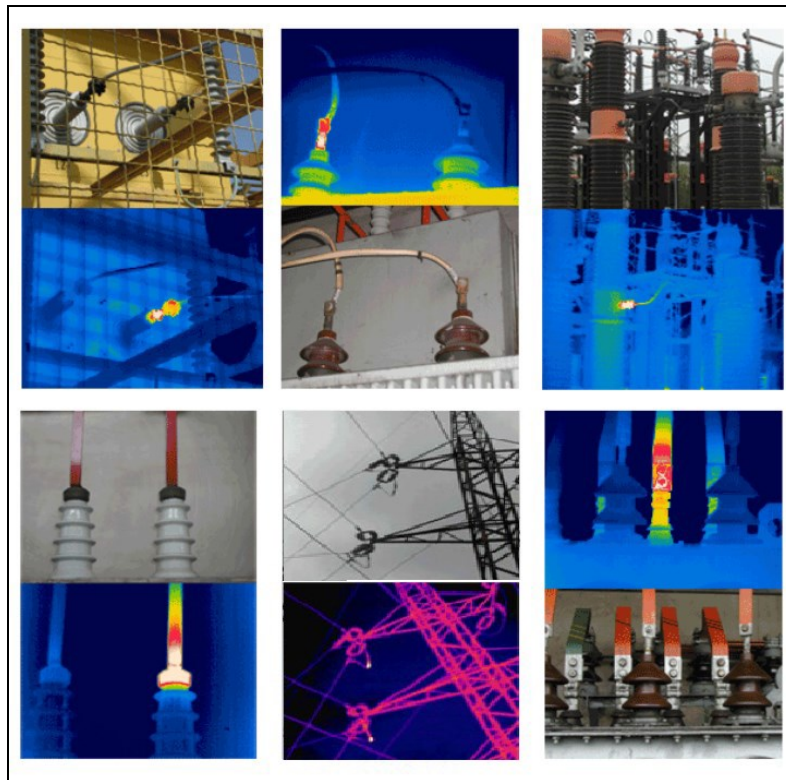
7.3 Měření kabelových souborů

Kabelové soubory obsahuje každé elektrické zařízení, ať už se jedná o vysoké napětí, velmi vysoké napětí a nízké napětí. Prostřednictvím kabelových souborů se ukončují a spojují kabely elektrického vedení. Při průchodu elektrického proudu těmito soubory může vznikat zvýšený přechodový odpor, a to se projeví zvýšeným zahříváním v tomto místě. Díky termografickému měření můžeme tyto závady při preventivních kontrolách odhalit.



Obr. 33 Vysoký přechodový odpor spojení [1]

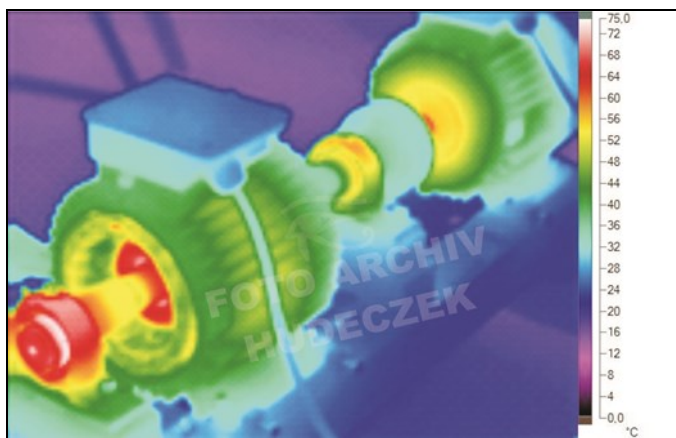
U měření točivých strojů, lze závady odhalovat bez nutnosti demontáže elektrického rozvodu a můžeme tak sledovat oteplení daného elektrického prvku v reálném čase.



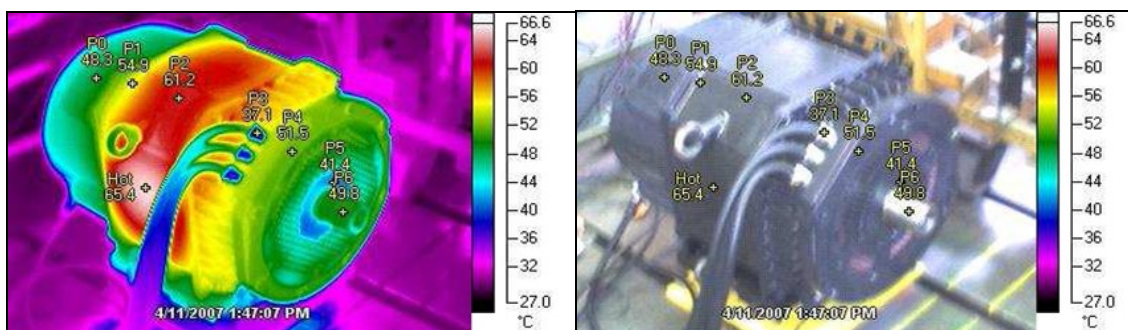
Obr. 34 Příklady zvýšeného přechodového odporu kontaktu a spojů [1]

7.4 Měření točivých strojů

V elektrotechnice si můžeme pod názvem točivý stroj představit elektromotor, ventilátor nebo elektrické čerpadlo. Tato strojní zařízení se při své práci zahřívají, ale nesmí překročit svojí maximální provozní teplotu. Nadměrné zahřívání zařízení může být způsobeno vadou v elektroinstalaci nebo poškozením mechanických částí. V elektroinstalaci může dojít ke zkratu vinutí statoru a projeví se to zvýšeným zahříváním. Dalším důvodem nadměrného zahřívání je poškozené ložisko nebo špatně ustavený stroj. Všechny tyto závady můžeme odhalit pomocí termografického měření.



Obr. 35 Poškozené ložisko a špatné ustavení stroje [2]



Obr. 36 Nadměrné zahřívání elektromotoru z důvodu vadné elektroinstalace [2]

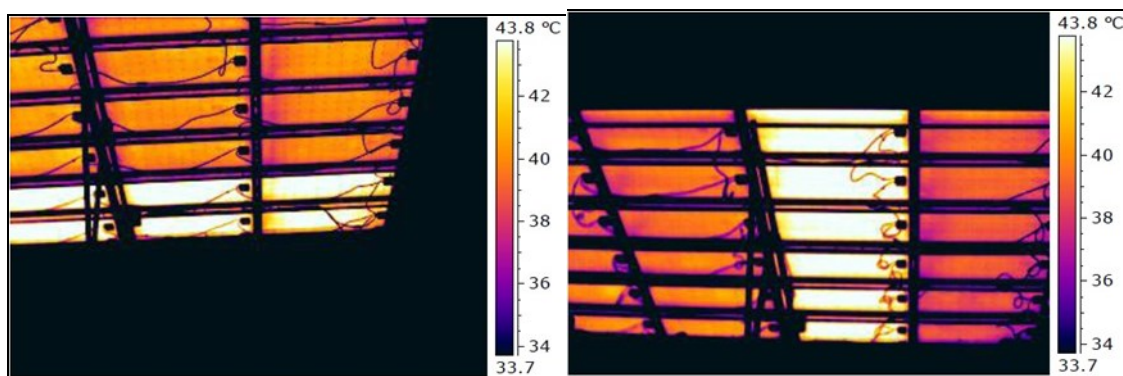
7.5 Měření panelů fotovoltaické elektrárny

Termografickým měřením provádíme kontroly na fotovoltaických panelech, zda nevykazují nedostatky, které by ovlivňovaly výkon a nevznikaly finanční ztráty. Kontroly je možné provádět po montáži panelu a zjistit, zda nemají výrobní vadu nebo nejsou chybně zapojeny. Rovněž pravidelnými kontrolami panelu pomocí termografického měření lze prokázat stárnutí solárních panelů a může být podkladem pro výměnu panelů. Dalším důvodem kontroly je odhalování vadných panelů.



Obr. 37 Vadný sektor fotovoltaického panelu [2]

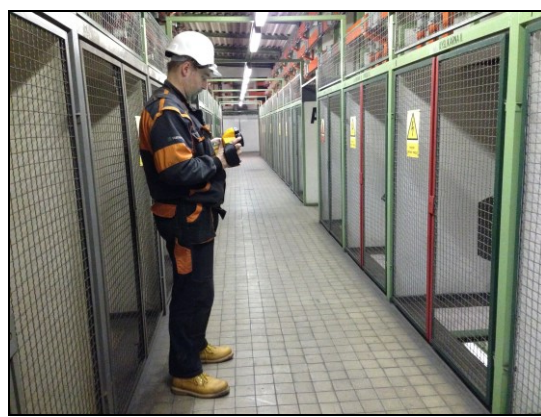
Příklad chybného zapojení celého sloupce panelu ve stojanu. Tato vada je způsobena vadnou montáží. Závada snižuje výkon této fotovoltaické elektrárny.



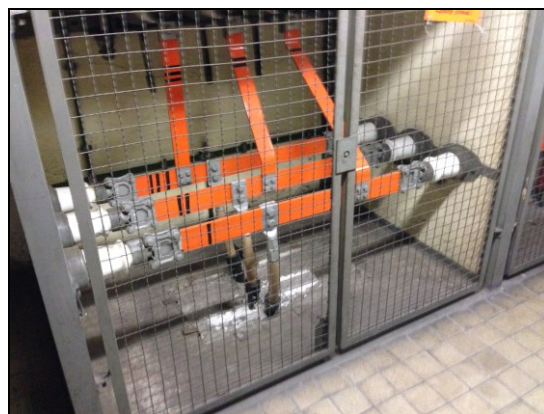
Obr. 38 Chybné zapojení fotovoltaického panelu [2]

8. Termografické měření rozvodů vysokého napětí

Účastnil jsem se termodiagnostického měření rozvodů vysokého napětí v rámci pravidelné kontroly pro ocelářskou společnost. Měření probíhalo v areálu této společnosti, asistoval jsem při něm panu Patriku Schwachulovi, zkušenému pracovníkovi z firmy HUDECZEK SERVICE s.r.o. Z důvodu nebezpečí zásahu elektrickým proudem během měření, je tato diagnostická metoda velmi bezpečná a rychlá. Pomocí infračervené termografické kamery jsme provedli obchůzku po rozvodech vysokého napětí a zaznamenali zjištěné závady na elektrotechnickém zařízení. Měření probíhalo za plného provozu a to dne 27. 3. 2015. Uvedeny zde byly jen vadné prvky rozvodů vysokého napětí.



Obr. 39 Hlavní rozvodna vysokého napětí



Obr. 40 Prvky rozvodů vysokého napětí

8.1 Popis sledovaného úseku vysokého napětí

Diagnostikovaným úsekem byla hlavní rozvodna vysokého napětí, která slouží k distribuci elektrické energie pro teplárnu ocelářské společnosti. Jednalo se o důležitou páteř rozvodů elektrické energie. Rozvodna se nachází ve třípodlažní budově. Na prvním podlaží rozvodny jsou kabelové prostory, ve druhém spínačové prostory a ve třetím potom sběrníkový prostor rozvodny. V těchto patrech jsou elektrické prvky rozmístěny do očíslovaných kobek (obr. 41). Jmenovité napětí v této rozvodně je 6 kV. Abych se mohl účastnit této pravidelné kontroly rozvodny vysokého napětí, musel jsem absolvovat bezpečnostním školením a řídit se pokyny pověřeného pracovníka firmy HUDECZEK SERVICE s.r.o., který zodpovídal za moji bezpečnost během prováděné diagnostiky.



Obr. 41 Kobka spínačového prostoru rozvodny vysokého napětí

K zajištění provozuschopného stavu hlavní rozvodny vysokého napětí jsou veškeré rozvody trojnásobně jištěny. Elektrotechnická zařízení jsou ovládána z řídicího střediska, kde můžeme sledovat zatížení jednotlivých prvků elektroinstalace. Jestliže by nebyl zajištěn bezporuchový chod rozvodů vysokého napětí rozvodny, postihla by finanční ztráta celou výrobní společnost.

8.2 Přístrojové a softwarové vybavení

Při termodiagnostickém měření v rámci pravidelné údržby rozvodů vysokého napětí byla využita tato zařízení a pomůcky:

- Digitální fotoaparát.
- Infračervená termografická kamera značky FLUKE Ti45.
- Software SmartView® (Pomocí software SmartView® byly vyhodnoceny pořízené termogramy prostřednictvím PC).



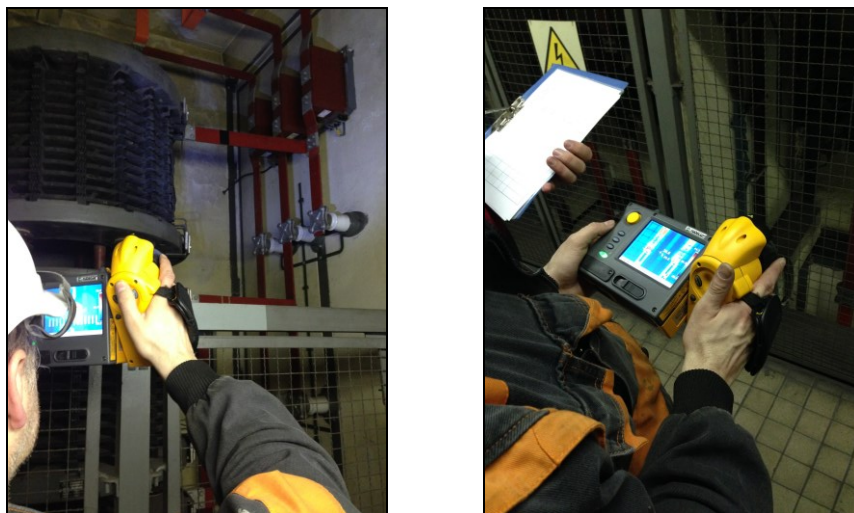
Obr. 42 Infračervená termografická kamera FLUKE Ti45[2]

Tab. 3 Technické parametry FLUKE Ti45 [2]

Teplotní	
Teplotní rozsah	-20 °C až 350 °C (-4 °F až 662 °F)
Typ detektoru	160x120 bodů nechlazený mikrobolometrický detektor (FPA)
Teplotní citlivost (NETD)	≤ 0,080 °C při 30°C
Přesnost	± 2 % nebo ± 2 °C
Optické	
Zorné pole (FOV)	23° horizontálně x 17° vertikálně (obdélníkové)
Spektrální pásmo	8 μm až 14 μm
Rozlišení šířky záběru (IFOV)	2,6 mrad
Optické rozlišení	75:1, nebo menší
Minimální vzdálenost ostření	0,15 m
Provozní	
Relativní vlhkost	10 % až 95 % nekondenzující
Okolní provozní teplota	-10 °C až +50 °C (14 °F až 122 °F)
Kompenzace teploty pozadí	-50 °C až 460 °C (-58 F° až 860 °F)

8.3 Průběh měření a okolní podmínky

Termodiagnostické měření rozvodů vysokého napětí probíhalo uvnitř budovy hlavní rozvodné stanice pro teplárnu. Kontrolována byla veškerá elektrotechnická zařízení vysokého napětí a bylo diagnostikováno 240 kobek. S prohlídkou jsme začali brzy ráno hned po začátku směny. Jednalo se o běžný provoz. Po příchodu do rozvodny byla naměřena teplota prostředí 22 °C. Na infračervené termografické kameře jsme nastavili emisivitu dle předchozích měření a zkušeností termodiagnostika. Hodnota emisivity byla 0,95. Poté jsme započali diagnostickou prohlídku první kobky. Prvky elektroinstalace umístěné v kobce jsme porovnali mezi sebou a určili stupeň oteplení dle (tab. 5). Diagnostikované závady jsme vyhodnotili a zaznamenali do formuláře o termografickém měření. Zároveň jsme pořídili fotografii a termogram kontrolovaného zařízení. Takto jsme postupně naměřili celou hlavní rozvodnu. Z údajů řídicího střediska jsme si zaznamenali hodnoty proudového zatížení rozvodů vysokého napětí v rozvodně. Tato pravidelná termografická kontrola je prováděna jednou měsíčně a slouží jako pomůcka k revizím elektrotechnických zařízení (např. příloha B).



Obr. 43 Měření infračervenou termografickou kamerou FLUKE Ti45

Tab. 4 Parametry při měření

Nastavení kamery	
Odražená zdánlivá teplota	32 °C až 35 °C
Emisivita	0,95
Okolní podmínky	
Teplota prostředí	22 °C

8.4 Zpracovávání a vyhodnocení měření

Zpracování naměřených dat probíhalo ve firmě HUDECZEK SERVICE s.r.o. Data v podobě termogramu jsme z infračervené termografické kamery přenesli do počítače a pomocí softwaru SmartView® vyhodnotili. Na pořízených termogramech lze snadno identifikovat závadu pomocí barevného spektra. Při měření byl pořízen také fotografický snímek měřeného zařízení pro lepší přehlednost. Záznam o měření byl zpracován dle manuálu firmy HUDECZEK SERVICE s.r.o. Tato dokumentace o měření je majetkem firmy a nesmí být poskytnuta pro využití třetím stranám a organizacím.

Klasifikační stupně stavu elektrozařízení

Svorky a spoje, které jsou bez vady, nesmí být teplejší než vodič, na který jsou připojeny. Spoje s vyšší teplotou než vodič jsou klasifikovány podle níže uvedené tabulky (tab. 5) do sedmi stupňů.

Tab. 5 Klasifikační stupně stavu elektrozařízení [2]

Klasifikace	Stav zařízení	Termín nápravy	Stupeň oteplení (interval v °C)	Riziko provozu
A	Výborný.	Bez opatření.	0 °C <Δt< 10°C	Přijatelné <10 ⁻⁶
B	Vyhovující.	Oprava při plánované revizi.	10 °C <Δt< 30°C	Mírné {10 ⁻⁴ ,10 ⁻⁶ }
C	Uspokojivý.	Oprava do jednoho měsíce.	30 °C <Δt< 50°C	Zvýšené {10 ⁻² ,10 ⁻⁴ }
D	Neuspokojivý.	Do jednoho týdne.	50 °C <Δt< 80°C	Vysoké {10 ⁻¹ ,10 ⁻² }
E	Nepřípustný.	Oprava ihned.	80 °C <Δt	Extrémní {1,10 ⁻¹ }
X	Mimo provoz.	-	-	-
Y	Kontrola zrušena.	-	-	-

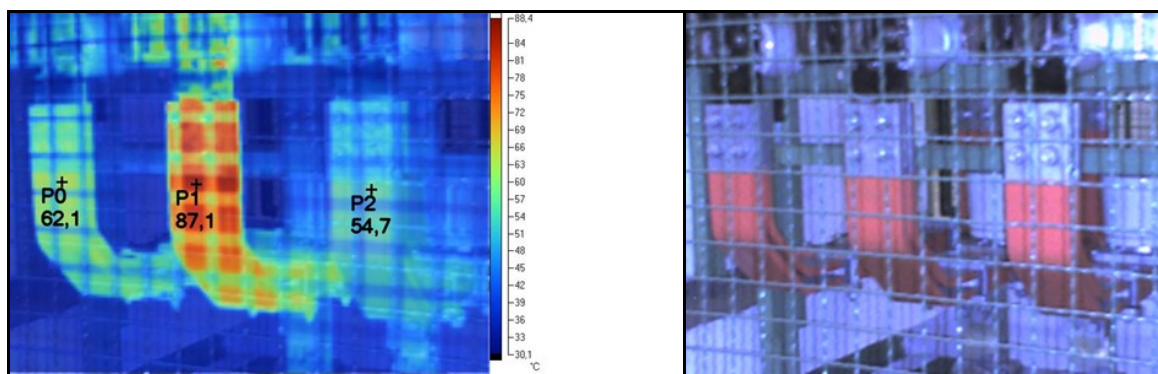
Klasifikační stupně z tabulky (tab. 5) jsou podrobně popsány v níže uvedené tabulce (tab. 6). K jednotlivým klasifikačním stupňům jsou definovány stavy zařízení a stanoveny opatření do provozu. Dále termíny nápravy, stupně oteplení a riziko provozu elektrického zařízení.

Tab. 6 Definice stavu zařízení a opatření do provozu [2]

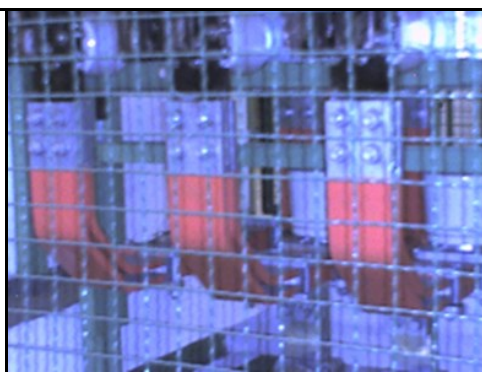
	Definice stavu zařízení	Opatření do provozu
A	Bez závad, drobná závada nebo odchylka nevyžadující další opatření. Zařízení se adekvátně opotřebovává. Nová a provozovaná zařízení s přístupnou odchylkou sledovaných indikátorů.	Dlouhodobý provoz bez omezení.
B	Závada nebo odchylka vyžadující zásah s možným dlouhodobým odkladem, menší poškození/degradace, zaznamenaná změna sledovaných indikátorů stavu zařízení.	Provoz zařízení do odstranění závady je bez dalších omezení.
C	Závada nebo odchylka vyžadující zásah s možným krátkodobým odkladem, menší poškození vyžadující podrobnou/rozšířenou diagnostiku, příp. provedení rozboru trendu sledovaných vlastností zařízení.	Provoz "časově" omezen do plánované odstávky (PO).
D	Velmi vážná poškození vyžadující vynucená opatření pro provoz, potřebná doplňková diagnostika/přepočet zbytkové životnosti s aktuálními parametry, nutnost oprav/výměn, příp. neprodlený rozbor vývoje trendu sledovaných vlastností zařízení.	Do uvedení do provozu odstranit závady nebo přijmout vynucená opatření eventuálně omezení pro provoz po stanovenou dobu. V tomto případě je pak nutné pravidelně vyhodnocovat trend nárůstu sledovaného indikátoru degradace v určených periodách.
E	Stav blížící se havarijnímu eventuálně porucha bránící dalšímu provozu.	Nutné okamžité odstranění závady, vyměnění poškozené komponenty.

V tabulce (tab. 6) jsou podrobně popsány definice stavu zařízení a stanovena opatření do provozu kontrolovaného zařízení. Klasifikační stupeň X a Y, je kvůli nemožnosti diagnostikovat zařízení nepopsán.

**Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodná JIH, Sekce III A, Sběrníkový prostor, Kobka č. 46,
Generátor I**



Obr. 44 Odpojovač (termogram) [2]



Obr. 45 Odpojovač (fotografie) [2]

Tab. 7 Informace k obrázku č. 44 [2]

Odražená zdánlivá teplota	32,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	30,1 °C až 88,4 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 8 Informace k bodům na obrázku č. 44 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	62,1 °C	0,95	32,0 °C
P1	87,1 °C	0,95	32,0 °C
P2	54,7 °C	0,95	32,0 °C

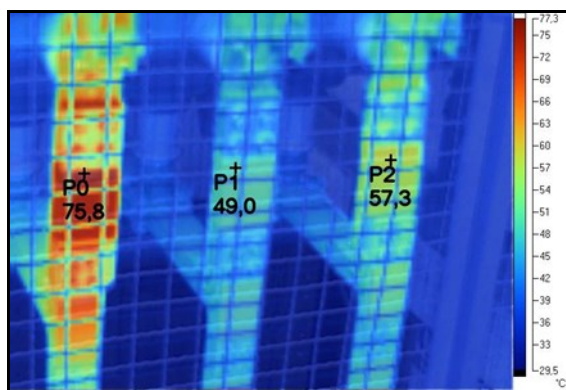
Tab. 9 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	32,4	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	55,1	°C

Tab. 10 poznámky k obrázku č. 44 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna JIH
Rozvaděč	Sekce III A – sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 46
Název zařízení	Odpojovač
Nález	Zvýšené oteplení ve šroubovém spoji pod odpojovačem fáze L2.
Stav	C - Uspokojivý
Doporučení	Provést vyčištění, kontrolu a dotažení šroubového spoje.

**Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodná JIH, Sekce II B, Sběrníkový prostor, Kobka č. 23,
Propoj Sever – Jih**



Obr. 46 Odpojovač (termogram) [2]



Obr. 47 Odpojovač (fotografie) [2]

Tab. 11 Informace k obrázku č. 46 [2]

Odražená zdánlivá teplota	35,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	29,5 °C až 77,3 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 12 Informace k bodům na obrázku č. 46 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	75,8 °C	0,95	35,0 °C
P1	49,0 °C	0,95	35,0 °C
P2	57,3 °C	0,95	35,0 °C

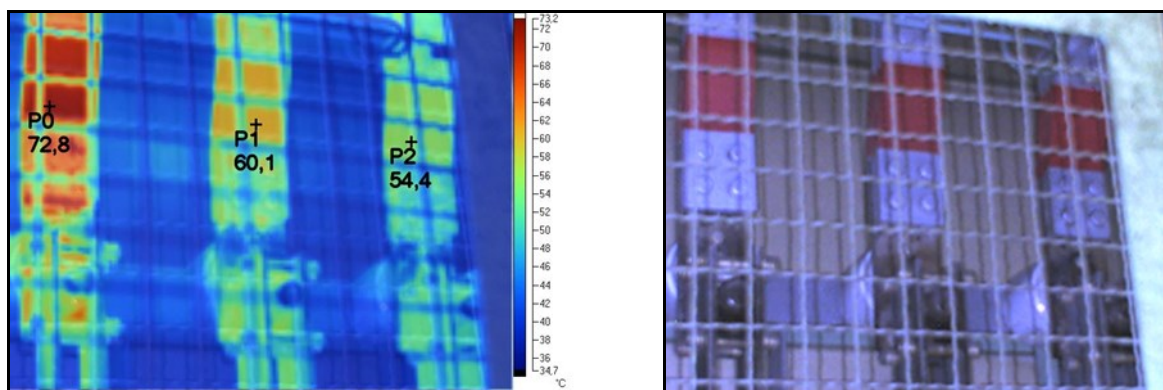
Tab. 13 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	26,8	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	40,8	°C

Tab. 14 Poznámky k obrázku č. 46 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna JIH
Rozvaděč	Sekce II B – sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 23
Název zařízení	Odpojovač
Nález	Zvýšené oteplení na šroubovém spoji pod odpojovačem fáze L3.
Stav	B - Vyhovující
Doporučení	Provést vyčištění, kontrolu a dotažení šroubového spoje.

Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodná SEVER, Sekce V C, Sběrníkový prostor, Kobka č. 99, Propoj Sever – Jih



Obr. 48 Odpojovač (termogram) [2]

Obr. 49 Odpojovač (fotografie) [2]

Tab. 15 Informace k obrázku č. 48 [2]

Odražená zdánlivá teplota	33,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	34,7 °C až 73,2 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 16 Informace k bodům na obrázku č. 48 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	72,8 °C	0,95	33,0 °C
P1	60,1 °C	0,95	33,0 °C
P2	54,4 °C	0,95	33,0 °C

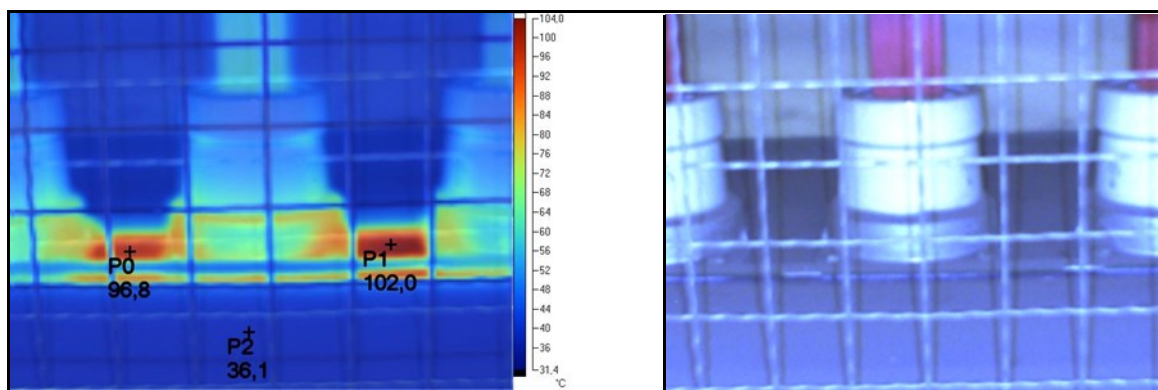
Tab. 17 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	18,4	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	39,8	°C

Tab. 18 Poznámky k obrázku č. 48 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V C – Sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 99
Název zařízení	Odpojovač
Nález	Zvýšené oteplení ve šroubovém spoji nad odpojovačem fáze L1.
Stav	B - Vyhovující
Doporučení	Provést vyčištění, kontrolu a dotažení šroubového spoje.

Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodná SEVER, Sekce V C, Sběrníkový prostor, Kobka č. 99, Propoj Sever - Jih



Obr. 50 Nosný plech průchodek (termogram) [2] Obr. 51 Nosný plech průchodek fotografie) [2]

Tab. 19 Informace k obrázku č. 50 [2]

Odražená zdánlivá teplota	33,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	31,4 °C až 104 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 20 Informace k bodům na obrázku č. 50 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	96,8 °C	0,95	33,0 °C
P1	102,0 °C	0,95	33,0 °C
P2	36,1 °C	0,95	33,0 °C

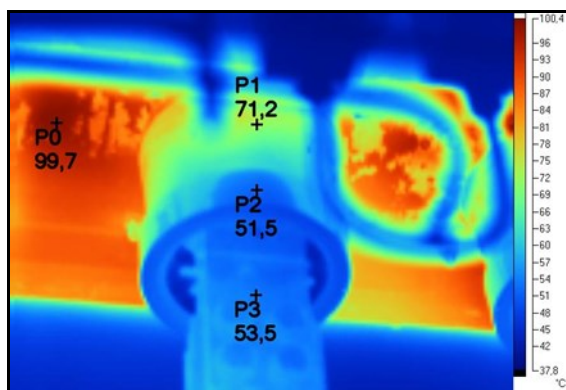
Tab. 21 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	65,9	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	69,0	°C

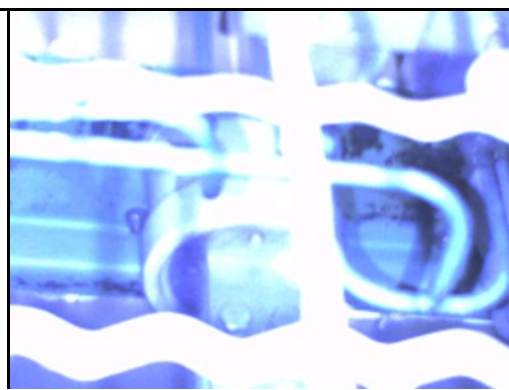
Tab. 22 Poznámky k obrázku č. 50 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V C – Sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 99
Název zařízení	Nosný plech průchodek
Nález	Zvýšené oteplení na nosném plechu způsobené vadnými průchodkami.
Stav	D - Neuspokojivý
Doporučení	Provést výměnu vadných průchodek

Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodná SEVER, Sekce V C, Sběrníkový prostor, Kobka č. 99, Propoj Sever – Jih



Obr. 52 Detail nosné konstrukce průchodek (termogram) [2]



Obr. 53 Detail nosné konstrukce průchodek (fotografie) [2]

Tab. 23 Informace k obrázku č. 52 [2]

Odražená zdánlivá teplota	33,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	37,8 °C až 100,4 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 24 Informace k bodům na obrázku č. 52 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	99,7 °C	0,95	33,0 °C
P1	71,2 °C	0,95	33,0 °C
P2	51,5 °C	0,95	33,0 °C
P3	53,5 °C	0,95	33,0 °C

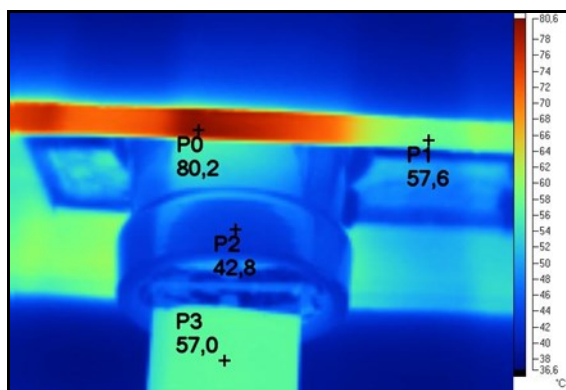
Tab. 25 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	48,2	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	66,7	°C

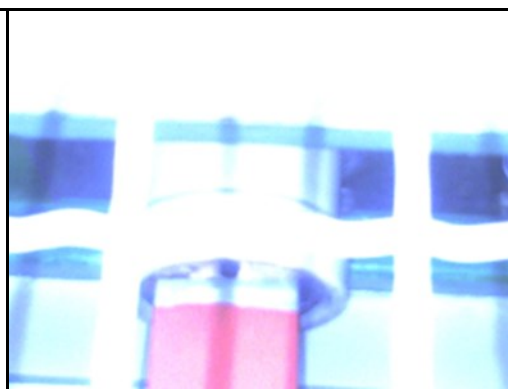
Tab. 26 Poznámky k obrázku č. 52 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V C – Sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 99
Název zařízení	Nosný plech průchodek
Nález	Zvýšené oteplení na nosném plechu způsobené vadnými průchodkami.
Stav	D - Neuspokojivý
Doporučení	Provést výměnu vadných průchodek

Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodna SEVER, Sekce V B, Sběrníkový prostor, Kobka č. 88, Generátor TG 10



Obr. 54 Odpojovač (termogram) [2]



Obr. 55 Odpojovač (fotografie) [2]

Tab. 27 Informace k obrázku č. 54 [2]

Odražená zdánlivá teplota	33,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	36,6 °C až 80,6 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 28 Informace k bodům na obrázku č. 54 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	80,2 °C	0,95	33,0 °C
P1	57,6 °C	0,95	33,0 °C
P2	42,8 °C	0,95	33,0 °C
P3	57,0 °C	0,95	33,0 °C

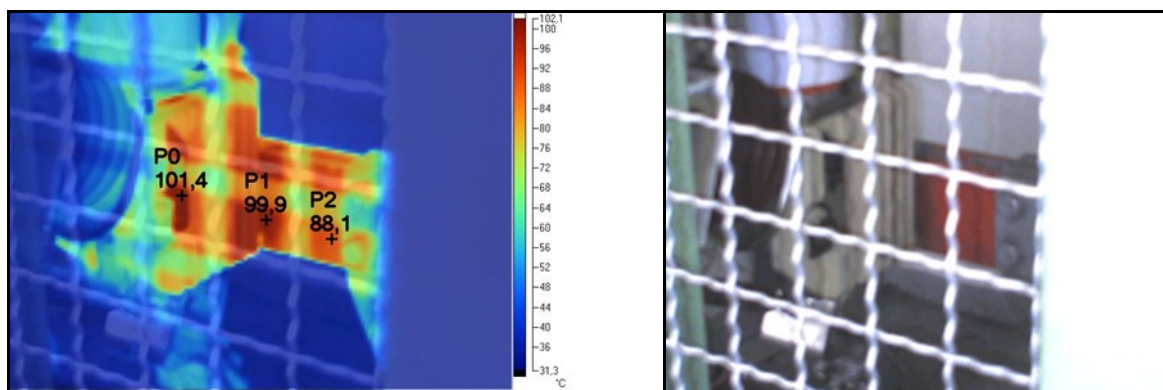
Tab. 29 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	37,4	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	47,2	°C

Tab. 30 Poznámky k obrázku č. 54 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V B – Sběrníkový prostor
Pole	Kobka č. 88
Název zařízení	Nosný plech průchodek
Nález	Zvýšené oteplení na nosném plechu způsobené vadnou průchodkou.
Stav	C - Uspokojivý
Doporučení	Provést výměnu vadné průchodky

Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodna SEVER, Sekce V, Spínačový prostor, Kobka č. 88, Generátor



Obr. 56 Odpojovač (termogram) [2]



Obr. 57 Odpojovač (fotografie) [2]

Tab. 31 Informace k obrázku č. 56 [2]

Odražená zdánlivá teplota	33,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	31,3 °C až 102,1 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 32 Informace k bodům na obrázku č. 56 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	101,4 °C	0,95	33,0 °C
P1	99,9 °C	0,95	33,0 °C
P2	88,1 °C	0,95	33,0 °C

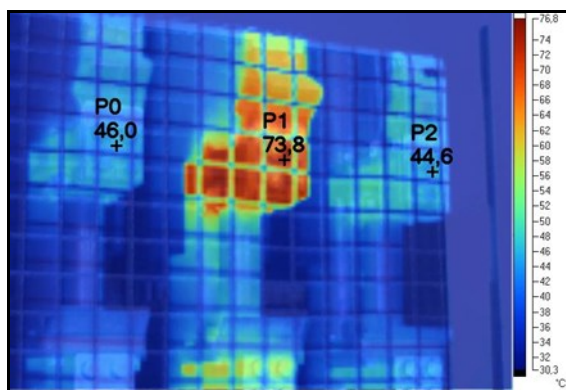
Tab. 33 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	13,3	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	68,4	°C

Tab. 34 Poznámky k obrázku č. 56 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V – Spínačový prostor
Pole	Kobka č. 88
Název zařízení	Chladič
Nález	Zvýšené oteplení ve šroubovém spoji, spodního chladiče fáze L1.
Stav	D - Neuspokojivý
Doporučení	Provést vyčištění a kontrolu a dotažení šroubového spoje.

**Rozvodna 6 kV – hlavní rozvodna SEVER, Sekce V, Spínačový prostor, Kobka č. 99,
Propoj Sever Jih**



Obr. 58 Horní měřící transformátor proudu
(termogram) [2]



Obr. 59 Horní měřící transformátor proudu
(fotografie) [2]

Tab. 35 Informace k obrázku č. 58 [2]

Odražená zdánlivá teplota	32,0 °C
Emisivita	0,95
Rozsah snímku	30,3 °C až 76,8 °C
Datum měření	27. 3. 2015

Tab. 36 Informace k bodům na obrázku č. 58 [2]

Bod	Teplota bodu	Emisivita	Odražená zdánlivá teplota
P0	46,0 °C	0,95	32,0 °C
P1	73,8 °C	0,95	32,0 °C
P2	44,6 °C	0,95	32,0 °C

Tab. 37 Zatížení soustavy [2]

Zatížení vedení během měření	I_p	2100	A
Oteplení soustavy ve fázích	Δt_f	29,2	°C
Oteplení soustavy vůči okolí	Δt_o	41,8	°C

Tab. 38 Poznámky k obrázku č. 58 [2]

Objekt	Hlavní rozvodna SEVER
Rozvaděč	Sekce V – Spínačový prostor
Pole	Kobka č. 99
Název zařízení	Vypínač
Nález	Zvýšené oteplení na horním šroubovém spoji vypínače fáze L2.
Stav	C – Uspokojivý
Doporučení	Provést vyčištění, kontrolu a dotažení šroubového spoje.

8.5 Doporučení pro následný provoz

Vzhledem k tomu, že v hlavní rozvodně byly zjištěny závady, jak lze vidět ze záznamu pravidelné kontroly, je nutné provést opravu vadných prvků rozvodů vysokého napětí neprodleně nebo nejpozději dle klasifikačního stupně stavu elektrozařízení uvedeného v (tab. 5). Nejčastější závady se nacházejí ve sběrnicovém prostoru na odpojovačích a vypínačích. Tato zařízení jsou během provozu silně proudově namáhána, a proto je nezbytně nutné jim věnovat zvýšenou pozornost při kontrole.

U vypínače, odpojovače a chladiče byla diagnostikována závada nárůstu teploty na šroubovém spoji jedné z fází. Proto je nutné provést vyčištění, kontrolu a dotažení šroubového spoje. Další zjištěnou závadou byla zvýšená teplota na nosném plechu průchodek odpojovače. Tuto závadu je nutné odstranit výměnou vadné průchodky. Nedodržením následného postupu opravy může dojít k požáru rozvodny.

Pravidelné kontroly rozvodů vysokého napětí se provádí jednou měsíčně, což se jeví jako dostačující. Doporučoval bych, při provádění pravidelných revizí se zaměřit na nejvíce zatěžované a tudíž poruchové prvky rozvodny z předchozích měření a provést preventivní údržbu.

Při odstraňování závad na elektrotechnických zařízeních doporučuji postupovat dle manuálu firmy HUDECZEK SERVICE s.r.o. Tento postup se výrazně osvědčil v praxi, a proto bych doporučoval v něm nadále pokračovat.

9. Závěr

Cílem diplomové práce bylo používání termodiagnostiky k pravidelnému monitorování stavu rozvodů vysokého napětí v hlavní rozvodně. Metoda technické diagnostiky v podobě termografického měření se osvědčila jako nejvhodnější při zjišťování změny stavu elektrotechnického zařízení za provozu a diagnostikování nastalých poruch. Je tak zajištěna bezpečnost při provozu elektrického zařízení a jeho provozuschopnost.

Při měření byly diagnostikovány závady na elektrotechnickém zařízení, které bylo dle doporučeného postupu nutné odstranit. Vzhledem k tomu, že z 240 diagnostikovaných kobek bylo vadných jen 8, a to jen 3 vážnější závady, usuzuji o dobrém technickém stavu této rozvodny. Diagnostika rozvodů je prováděna pravidelně jednou měsíčně a není nutné ji provádět častěji. Celková revize hlavní rozvodny je následně prováděna jednou ročně a měsíční kontroly slouží jako dokumentace k revizím.

Při tvorbě diplomové práce jsem dospěl k závěru, že nestačí ovládat jen teorii dané problematiky termodiagnostického měření, ale také je nezbytně nutné znát z praxe možné projevy poruch na diagnostikovaném elektrickém zařízení. Zjišťování závad pomocí této metody vyžaduje mít dobré znalosti u pracovníka termodiagnostiky o funkci kontrolovaného zařízení. Bez potřebných znalostí a zkušeností je správné termodiagnostické měření nemožné. Je nutností, aby tato zařízení kontrolovala jen osoba s elektrotechnickým vzděláním, která musí znát principy, na kterých tato elektrozařízení pracují a mít patřičná pověření.

Vyhodnocením naměřených hodnot a termogramu z měření jsem dospěl k závěru, že rozvody vysokého napětí v hlavní rozvodně ocelářské společnosti jsou mimo menších nedostatků, v poměrně dobrém technickém stavu. Po jejich odstranění dle doporučeného postupu je rozvodna nadále provozuschopná.

Seznam použité literatury

- [1] HELEBRANT, F. – MONI, V. – BLATA, J.: *Termografie*. Studijní podklady, Ostrava 2010, 69 s.
- [2] Firemní podklady společnosti HUDECZEK SERVICE s.r.o.
- [3] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 239 s. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
- [4] KOPAL, Ivan a Pavol KOŠTIAL. *Základy infračervenej termografie: experimentálne metódy materiálového inžinierstva*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2519-9.
- [5] BAYER, Robert. *Digitální knihovna VUT v Brně. Použití termovizní kamery v měřicí technice* [online]. FLUKE®, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/26781/xbayer02_priloha.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [6] GABRHELOVÁ, Lucie. *Závislost teploty na vibracích pohonných jednotek*. Ostrava, 2014. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/106239>. Disertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Ing. Josef Jurman, CSc.
- [7] ČSN 33 1500. *Revize elektrických zařízení*. 1.6.1991. Praha: Vydavatelství norem, 1991.
- [8] ČSN 33 2000-6. *Elektrická instalace nízkého napětí*. 1.9.2007. Český normalizační institut. Praha: Vydavatelství norem, 2007.
- [9] ČSN ISO 18434-1. *Monitorování stavu a diagnostika strojů: Termografie*. 1.7.2009. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha, 2009.
- [10] *Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice*. In: č. 50/1978 Sb. 1979. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-50-1978-sb-ceskeho-uradu-bezpecnosti-prace-a-ceskeho-banskeho-uradu-o-odborne-zpusobilosti-v-elektrotechnice>
- [11] *Wikipedia: William Herschel*. [online]. 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/William_Herschel
- [12] *SlidePlayer: Různé teplotní stupnice*. [online]. 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1917352/>

- [13] VOLF, Ivo, JAREŠOVÁ a OUHRABKA. *Přenos tepla: Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku*. Hradec Králové, 2008, 40 s. Dostupné z:
<http://jandur.cz/thermodynamics/t1/t14.htm>
- [14] BUBEN. Elektrovizitacebuben: Proč provádět elektrovizitace?. [online]. 2009, 2015 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z:
<http://www.elektrovizitacebuben.cz/index.php/proc-provadet-elektrovizitace>

Seznam příloh

Příloha A - Tabulka hodnot emisivity pro různé materiály (počet stran: 4)

Příloha B - Revizní zpráva – Vzorový příklad (počet stran: 8)

Příloha C – Fotografie z měření – Hlavní rozvodna vysokého napětí (počet stran: 1)

Přílohy

Příloha A

Hodnoty emisivit běžných materiálů uvedených v tabulce C-1 použijte pro správné nastavení této hodnoty ve Vaší kameře.

Tabulka C-1. Hodnoty emisivit běžných materiálů

Materiál	Teplota (°C)	Emisivita
Hliník, leštěný	0	0.05
Hliník, hrubý povrch	0	0.07
Hliník, silně oxidovaný	0	0.25
Asbestová deska	0	0.96
Asbestová tkanina	0	0.78
Asbestový papír	0	0.94
Asbes břidlice	0	0.96
Mosaz, matná	0	0.22
Mosaz, leštěná	0	0.03
Cihla, běžná	0	0.85
Cihla, glazovaná, hrubá	0	0.85
Cihla, ohnivzdorná, hrubá	0	0.94
Bronz, porézni, hrubý	0	0.55

Tabulka C-1. Hodnoty emisivit běžných materiálů (pokr.)

Bronz, leštěný	0	0.10
Uhlík, čištěný	0	0.80
Litina, hrubě litá	0	0.81
Litina, leštěná	0	0.21
Cement	0	0.54
Uhlí, práškové	0	0.96
Chrómový, leštěný	0	0.10
Hlína, pálená	0	0.91
Měď, leštěná, žíhaná	0- 17	0.01- 0.02
Měď, průmysl. leštěná	0	0.07
Měď, oxidovaná	0	0.65
Měď, oxidovaná do černa	0	0.88
Elektr. páska, černá plast.	0	0.95
Smalt	27	0.90
Umakart	0	0.93
Zmrzlá půda	0	0.93
Sklo	0	0.92
Sklo, studené	0	0.96
Zlato, leštěné	0	0.02
Led	0	0.97
Železo, horké válcované	0	0.77

Tabulka C-1. Hodnoty emisivit běžných materiálů (pokr.)

Železo, oxidované	0	0.74
Železo, galvanizované, leštěné	0	0.23
Železný plát, galv., oxidovaný	0	0.28
Železo, plát, leptané	0	0.16
Železo, tepané, leštěné	0	0.28
Lak, bakelitový	0	0.93
Lak, černý, matný	0	0.97
Lak, černý, lesklý	0	0.87
Lak, bílý	0	0.87
Lampová čern	0	0.96
Olovo, hnědé	0	0.28
Olovo, oxidované	0	0.63
Olovo, červené, práškové	0	0.93
Olovo, lesklé	0	0.08
Rtuť, čistá	0	0.10
Nikl, litý	0	0.05
Nikl, čistý leštěný	0	0.05
Barva, stříbrný povrch	25	0.31
Barva, olejová, střední	0	0.94
Papír, černý, matný	0	0.90
Papír, černý, mdlý	0	0.94

Ahlborn s.r.o. Praha

Tabulka C-1. Hodnoty emisivit běžných materiálů (pokr.)

Papír, bílý	0	0.90
Platina, čistá, leštěná	0	0.08
Porcelán, glazovaný	0	0.92
Křemen	0	0.93
Guma	0	0.93
Šelak, černý, matný	0	0.91
Šelak, černý, lesklý	0	0.82
Sníh	0	0.80
Ocel, galvanizovaná	0	0.28
Ocel, oxidovaná silně	0	0.88
Ocel, čerstvě válcovaná	0	0.24
Ocel, hrubý povrch	0	0.96
Ocel, rezavá červeň	0	0.69
Ocel, plát, poniklovaná	0	0.11
Ocel, plát, válcovaná	0	0.56
Dehtový papír	0	0.92
Cín, leštěný	0	0.05
Wolfram	0	0.05
Voda	0	0.98
Zinek, plát	0	0.20

Příloha B

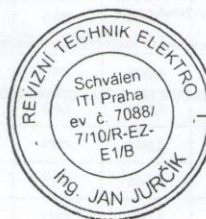


ZPRÁVA

o pravidelné revizi elektrických zařízení
podle ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6

Evidenční číslo:	HU-S 131202/02/Ju/14
Název:	Pravidelná revize elektrického zařízení čerpací stanice motorové nafty.
Vykonané dne:	10. 12. – 12. 12. 2014
Vypsáné dne:	15. 12. 2014
Revizní technik:	Ing. Jan Jurčík
Evidenční číslo:	OBÚ v Ostravě č. j.: RT 492/E0-C6,C7, C8/OV-7513/2009 ITI Praha, pobočka Ostrava ev. č.: 7088/7/10/R-EZ-E1B
Provozovatel:	ČSAD Havířov a. s., Těšínská 1297/2b, 736 01 Havířov – Podlesí
Místo:	ČSAD Havířov a. s. – vedení společnosti, servisy: Těšínská 911, 739 34 Šenov u Ostravy
Objekt:	Čerpací stanice motorové nafty
Při revizi provozovatel upozorněn na:	Pravidelné provádění revizí ve lhůtách stanovených ČSN 33 1500 a dodržení požadavků a nařízení Státního odborného dozoru.
Celkový posudek:	Revidované elektrické zařízení je schopno bezpečného provozu.
Datum příští revize do:	31. 12. 2016
Použité měřicí přístroje:	CA 6410- klešť.měř.zemn.odporů, v.č.184371JMV, kalib.list č.0119E-14, dne 21.1.2014 MEGGER MFT1501- reviz.přístroj, v.č.6111-750/090409/1067, kalib.list č. 0122E-14, dne 23.1.2014
Rozdělovník:	Provozovatel 2 x HUDECZEK SERVICE, s. r. o. 1 x
Počet vyhotovení:	3
Počet stran:	8

ČSAD HAVÍŘOV a.s.
Těšínská 1297/2b
736 01 HAVÍŘOV-PODLEŠÍ
Provozovatel



revizní technik

Datum převzetí: **22-12-2014**

Předmětem pravidelné revize je:

- elektrické zařízení čerpací stanice motorové nafty v areálu společnosti ČSAD Havířov a. s. – vedení společnosti, servisy: Těšínská 911, 739 34 Šenov u Ostravy.

Ostatní elektrická zařízení nebyla předmětem této pravidelné revize.

Pravidelné revizi provedla organizace:

HUDECEK SERVICE, s. r. o., Stonavská 287, 735 43 Albrechtice, revizní technik Ing. Jan Jurčík.

Kontrolované elektrické zařízení

Výdejní stojany motorové nafty č. 1, 2, 3, 4, rozvaděč RM, jednotlivé místnosti kiosku čerpací stanice, RIS1, HDS, venkovní prostory a přístřešek za kioskem.

Ostatní elektrická zařízení nebylo předmětem této pravidelné revize.

Dokumentace:

byla předložena technická dokumentace:

- Provozní řád čerpací stanice PHM – Základní závod Šenov č. PP-55.06.01.
- Protokol o určení vnějších vlivů z 11/2003, úprava 10/2007.
- Dokumentace PHM společnosti ČSAD Havířov a. s. z 06/2000.
- Provozní rozvod silnoprůdu PS1 čerpací stanice PHM č. 13-98-P.000 z 10/1998.
- Protokol o kusové zkoušce rozvaděče typu RZ, výrobce Jan Šašinka.
- Prohlášení o shodě rozvaděče typ RZ v. č. 3241 z 14. 6. 2000.
- Prohlášení o shodě ETZ VYRTYCH – zářivková svítidla z 25. 8. 1997.
- Prohlášení o shodě METASPORT – výbojkový světlomet z 21. 12. 1998.
- Prohlášení o shodě ADAST-SYSTEMS – výdejní stojany PHL z 1. 5. 1998
- Technická dokumentace rozvaděče RM z 25. 6. 2000.
- Certifikát FTZÚ 98 E0225 – výdejní stojan PHL 899x.xxx z 13. 3. 1998.
- Prohlášení o shodě – kabely pro silový proud PRAKAB z 13. 10. 1997.
- Prohlášení o shodě výdejního stojanu č. 1 a č. 2 z 18. 3. 2013.
- Osvědčení o jakosti a kompletnosti výdejního stojanu č. 1 a č. 2 z 18. 3. 2013.
- Záruční list výdejního stojanu č. 1 a č. 2 z 18. 3. 2013.
- Kmenový list stojanu PHM č. 1 a č. 2 z 14. 3. 2013.
- Protokol o roční kontrole technologie z 10. 12. 2013.
- Servisní knížka pro výdejní stojany č. 3 a č. 4.
- Zpráva o revizi elektrického zařízení z 6. 3. 2012.

Technická dokumentace je nedílnou součástí této pravidelné revize.

Kontrolou bylo zjištěno, že technická dokumentace odpovídá skutečnému stavu mimo výkresové dokumentace rozvaděče RM, ostatní zařízení je provozováno podle této dokumentace.

Předložená technická dokumentace k provedení pravidelné revize byla označena červeným razítkem s datem a podpisem revizního technika. Text razítka: „Použito při výchozí revizi“.

Soustava napětí:

3, N, PE, 50 Hz, AC 230/400 V, TN-C-S.

1, N, PE, 50 Hz, AC 230, TN-C-S.

Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí:

Izolací, kryty, zábranou.

Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí:

Provedena v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, automatickým odpojením od zdroje, uzemněním a pospojováním.

Veškeré neživé části jsou propojeny ve smyslu platných ČSN a v souladu s technickou dokumentací (TD), zvýšení ochrana zásuvkové skříně proudovým chráničem.

Zařazení prostorů:

Jelikož nebyl předložen protokol o určení vnějších vlivů, pro účely této revize ve smyslu ČSN 33 2000-5-51, bylo stanoveno:

- Vnitřní prostory objektu zděných a zateplených budov: AA4, AB5, BE2N3 – ostatní Ax, Bx, Cx = 1 – prostory normální.
- Uvnitř výdejních stojanů: BE2N3, třída nebezpečnosti III – prostory normální.

- Venkovní prostory a prostory pod přístřeškem: AA8, AB8, AD4, AE3, AF2, AG2, AH2, AN2, BC2, BE2N3 – ostatní Ax, Bx, Cx = 1 – prostory nebezpečné.

Uzemnění:

Provedeno uzemněním v přípojkové skříni RIS1 drátem FeZn Ø 10 mm a připojením PEN vodiče přírodního kabelu AYKY 3x240+120 na přípojnicí PEN, kde je připojen ochranný vodič PE pro společné uzemnění celého objektu čerpací stanice. Výdejní stojany motorové nafty jsou uzemněné na společné uzemnění celého objektu. Veškeré neživé části revidovaného zařízení je připojeno k ochrannému vodiči PEN a pospojováno dle ČSN EN 61140 a ČSN 33 2000-4-41 ed.2.

Napojení, popis:

Rozvaděč RM v kanceláři kiosku je napojen z přípojkové skříně HDS na stěně čerpací stanice, jež je napojena z RIS1 – přípojkové skříně za čerpací stanicí. Elektrické zařízení čerpací stanice je napojeno z rozvaděče RM.

Rozvaděč RM

- OCEP, IP43/20, výrobce (štitkový údaj) – ELZA Ostrava – Vítkovice, parametry na štitku neuvedeny (kolonky prázdné)

Číslo vývodu	Pojistka - jistič typ	Hod. nast. [A]	Stykač - vypínač	Ochrana typ	Hod. nast. [A]	Kabel typ	Průřez [mm²]	Délka [m]	Spotřebič druh	Výkon [kW]	Izol. stav [MΩ]	R imp. smyčky [Ω]
HDS	-	-	Hlavní vypínač T10P paketový 100A	-	-	AYKY	4x25	-	Přívod z HDS	-	-	0,32
-	LSN B10	10	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Venkovní osvětlení	-	> 99,9	0,68
-	LSN B10	10	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Osvětlení skladu olejů	-	> 99,9	0,68
-	LSN B10	10	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Osvětlení kanceláře	-	> 99,9	0,37
-	LSN B10	10	-	-	-	-	-	-	Rezerva	-	> 99,9	-
-	LSN B16/1	16	-	-	-	CYKY	3Cx2,5	-	Zásuvky kanceláře	-	> 99,9	0,35
-	LSN B16/1	16	-	-	-	CYKY	3Cx2,5	-	Zásuvky kanceláře	-	> 99,9	0,35
-	LSN B16/1	16	-	-	-	CYKY	3Cx2,5	-	Zásuvka chodba	-	> 99,9	0,32
-	LSN B25/3	25	-	-	-	-	-	-	Rezerva	-	-	-
-	LSN B20/3	20	-	-	-	CYKY	5Cx2,5	-	Kompresor	4,1	> 99,9	< 0,28
-	LSN C10/3	10	-	-	-	CYKY	5Cx1,5	-	Ventilátor	-	> 99,9	< 0,41
-	LSN B20/3	20	-	FI-DOEPKE 25A/0,03	0,03	CYKY	5Cx2,5	-	Zásuvková skříň venkovní	-	> 99,9	I _Δ <21,5 mA t _Δ <27,0 ms
-	EV-6E MONEGA B16	16	-	-	-	CYKY	3Cx2,5	-	Bojler	-	> 99,9	0,35
-	LSN B25/3	25	-	-	-	CYKY	5Cx2,5	-	Okruhy technologie	-	> 99,9	< 0,40
-	LSN B4/1	4	KM-40A	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Ovládání okruhů technologie	-	> 99,9	0,61
-	LSN B10/1	10	SA-přepínač UPS-sítě	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	UPS	-	> 99,9	0,31
-	LSN C10/3	10	-	-	-	CYKY	5x3 x1,5	-	Motor – výdejní stojan č. 1 a č. 2	2x0,75	> 99,9	< 0,27
-	LSN C10/3	10	-	-	-	-	-	-	rezerva	-	-	-
-	LSN B10/3	10	-	-	-	CYKY	4Bx1,5	-	Motor – výdejní stojan č. 3	1,10	> 99,9	< 0,31
-	LSN B10/3	10	-	-	-	CYKY	4Bx1,5	-	Motor – výdejní stojan č. 4	0,55	> 99,9	< 0,39
-	LSN B6/1	6	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Osvětlení stojanu č. 1 a č. 2	-	> 99,9	< 0,70
-	LSN B6/1	6	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Osvětlení stojanu č. 3	-	> 99,9	< 0,70
-	LSN B6/1	6	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Osvětlení stojanu č. 4	-	> 99,9	< 0,70
-	LSN B4/1	4	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Plovák - jímka	-	> 99,9	< 0,69
-	LSN B4/1	4	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Sonda DINEL	-	> 99,9	< 0,76
-	LSN B6/1	6	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Indikace – jímka	-	> 99,9	< 0,68
-	LSN B6/1	6	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Houkačka	-	> 99,9	< 0,59
-	LSN B10/1	10	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Zásuvky pro počítač	-	> 99,9	< 0,46
-	LSN B2/1	2	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Zásuvka – měření hladiny	-	> 99,9	< 0,49
-	LSN B2/1	2	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Ovládání technologie výdejního stojanu č. 1 a č. 2	-	> 99,9	< 0,75
-	LSN B2/1	2	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Ovládání technologie výdejního stojanu č. 3	-	> 99,9	< 0,75
-	LSN B2/1	2	-	-	-	CYKY	3Cx1,5	-	Ovládání technologie výdejního stojanu č. 4	-	> 99,9	< 0,75
-	LSN B6/1	6	-	-	-	-	-	-	Rezerva	-	-	-

Přípojková skříň RIS1

- osinkocementová v piliři, IP43/20, typ DCK Holoubkov, Stop Central červené tlačítko (vypíná hlavní jistič v rozvaděči)

Číslo vývodu	Pojistka - jistič typ	Hod. nast. [A]	Stykač - vypínač	Ochrana typ	Hod. nast. [A]	Kabel typ	Průřez [mm ²]	Délka [m]	Spotřebič druh	Výkon [kW]	Izol. stav [MΩ]	R imp. smyčky [Ω]
-	-	-	-	-	-	AYKY	3x240+120	-	Přívod do RIS1	-	> 99,9	< 0,23
RIS1	3xPH0	40	-	-	-	AYKY	4x25	-	Přívod do HDS	-	> 99,9	-

Přípojková skříň HDS

Číslo vývodu	Pojistka - jistič typ	Hod. nast. [A]	Stykač - vypínač	Ochrana typ	Hod. nast. [A]	Kabel typ	Průřez [mm ²]	Délka [m]	Spotřebič druh	Výkon [kW]	Izol. stav [MΩ]	R imp. smyčky [Ω]
RIS1	3xPH0	40	-	-	-	AYKY	4x25	-	Přívod z RIS1	-	> 99,9	< 0,25
HDS	3xE33	35	-	-	-	AYKY	4Bx25	-	Vývod do RM	-	> 99,9	< 0,28

Výdejný stojany – č. 1 a č. 2

Štítkové údaje

Výrobce: TATSUNO EUROPE a. s., Pražská 2325/68

Typ: SHARK BM 522, SXD/H, ExII2GIIIE, T3-EN73617-1-CE1026

Certifikát: TCM141/02-4441

Výrobní číslo/rok: 8629/13

Motor: výdejný stojan č. 1 – 0,75 kW, motorový spouštěč ETN-DILEM-10-G, 1,8-2,4A-TCM 9A 10, I_n = 1,8 A

Motor: výdejný stojan č. 2 – 0,75 kW, motorový spouštěč ETN-DILEM-10-G, 1,8-2,4A-TCM 9A 10, I_n = 1,8 A

Rozvodnice ve výdejném stojanu

Typ: 02ATEX 0021, ExII2GExe, 550V-12A

Výdejný stojan – č. 3

Štítkové údaje

Výrobce: ADAST-SYSTEMS a. s., ADAMOV

Typ: ADAST 8997,722/COM

Výrobní číslo: 075/00, rok výroby 2000

Motor: výdejný stojan č. 3 – 1,10 kW, motorový spouštěč EP-M.S-EP1-M.4, 2,5-4A, I_n = 2,8 A, typ – P640.100, 720 ot./min, výrobní číslo – 040, rok výroby – 2000, 040ExII2GIIAT3

Osvětlení: 2x8W

Výdejný stojan – č. 4

Štítkové údaje

Výrobce: ADAST-SYSTEMS a. s., ADAMOV

Typ: ADAST 8991,722/COM, ExII2GIIAT3

Výrobní číslo: 074/00, rok výroby 2000

Motor: výdejný stojan č. 4 – 0,55 kW, motorový spouštěč M.S – EP1 M1,6, 1-1,6A, I_n = 1,6 A, typ – P640.50, 470 ot./min

Osvětlení: 2x8W

Prostory v kiosku

- Chodba:** rozvaděč RM s UPS
- 1 ks zářivkové těleso 2x36, IP20
 - 3 ks zásuvky 230V/16S, IP44
 - 3 ks zásuvky 230V/16S, IP44 u UPS
- Umývárna:** 1ks žárovkového tělesa 60w, IP20, tř. II
- 1 ks elektrického bojleru: ARISTON, typ – ARKSH50, 5l, 230V/2kW, IP25 ze zásuvky, 230V/16A
- WC:** 1 ks žárovkového tělesa 60W, tř. II, IP20
- Šatna:** 2 ks zářivkových těles 2x36W, IP20
- 5 ks zásuvek 230V/16A, IP44
- Sklad olejů:** 1 ks zářivkového tělesa 2x36E, tř. II, IP66, EExnAII T5
- 1 ks ventilátoru 400V/90W, IP54, EExelIIT6
 - 1 ks rozvodné krabice ovládání tř. II, EExelIIT6
- Vypínače osvětlení a ventilátoru jsou vně místnosti skladu olej.
- Místní ochranné pospojování v místnosti skladu je provedeno vodiči CY 6 mm.

Místnost kompresoru:

- 1 ks zářivkového tělesa 60W, tř. II, IP20
- 1 ks odbočné krabice IP44, 400V/5,5kW pro napojení kompresoru

Elektrické zařízení vně objektu kiosku:

- 3 ks osvětlení přístřešku výdejních stojanů, Xenon S70, IP65
- 1 ks houkačky 230V, tř. II, IP32
- 1 ks zásuvkové skříně, IP55, jištěno E27-16A:
 - 1 ks zásuvky 230V/16A, IP44
 - 1 ks zásuvky 5 kolík, 400V/32A, IP44, tp 1239

Přístavek za objektem kiosku (sklad prázdných sudů):

- 1 ks žárovkového osvětlení tělesa 100W, IP65

Odpadová jámka:

- 1 ks plováku přeplnění ADS E 218/3, IP54, EExdIIAT3
- v obou jámkách jsou kapacitní snímače CPS-24R, IP65, EExialICT6
- napětí s kabelu CMFM 3x1 mm
- 1 ks propojovací skříňky typ 8118, tř. II, IP66, Eesia/ib, Z6/T5
- 3 ks sond kontinuálního měření hadiny ULTRA, ExIIIG EexialIBT4, napětí CMFM5C x 1 mm²

Všechny konstrukce, přístřešek, stojanů, jámek a odvětrávání jsou pospojované kulatinou FeZn 10 a 8 mm, 0,1 Ω.

Propojení je provedeno svařováním a pomocí propojek s oky, zářeznými podložkami, vodiči CY 6 mm² a CYA 6 mm². Uzemnění je provedeno dle ČSN 2000-5-54 ed. 2.

Kabely jsou uloženy v zemi v plastových chráničích. Ukončení chrániček je zatěsněno tmelem, jenž odolává ropným produktům a teplotě až + 300 °C.

Zemní svorka pro uzemnění autocisterny je na ocelové podpěrné stojině přístřešku ve výšce cca 80 cm.

Barevné značení vodičů:

Vyhovuje ČSN EN 60446 a ČSN 33 0165.

Funkční zkoušky:

V průběhu této pravidelné revize byly provedeny funkční zkoušky na revidovaném zařízení. Byly provedeny kontroly působení jisticích ochranných a spínacích prvků revidovaného elektrického zařízení – zkoušené prvky při zkoušce vyply napětí na výdejních stojanech č. 1 až č. 4 a rozvaděče RM.

Funkčnost všech zkoušených prvků – bez závad, chránič i motorové spouštěče vyply.

Přezkoušení všech zkoušených obvodů vyhověly parametrům uvedených v technické dokumentaci, ČS normám i ostatním nařízením Státního odborného dozoru.

Naměřené hodnoty:

Měřením přechodového odporu pospojování nebyl zjištěn větší R_{pe} než $0,1 \Omega$.

Měřením zemního odporu R_z výdejních stojanů:

č. 1 a č. 2 = $0,03 \Omega$, č. 3 = $0,06 \Omega$ č. 4 = $0,06 \Omega$

Měřením celkového zemního odporu R_z v rozvaděči RM = $0,10 \Omega$.

Měřením impedanční poruchové smyčky Z_s , izolačního stavu kabelu R_{izol} a reziduálního proudu chrániče I_a – je uvedeno v tabulce rozvaděče RM, RIS1 a HDS.

Všechny naměřené hodnoty vyhověly parametrům uvedených v technické dokumentaci, ČS normám i ostatním nařízením Státního odborného dozoru.

Rekapitulace provedených kontrol:

		Vyhovuje/nevhovuje
Všeobecně		
1	dobré provedení práce po odborné stránce a použití odpovídajícího materiálu	vyhovuje
2	řádné oddělení obvodů (nulové vodiče jednotlivých obvodů nejsou propojeny)	vyhovuje
3	označení obvodů (nulové a ochranné vodiče přísluší stejnému obvodu jako fázové vodiče)	vyhovuje
4	instalované ochranné přístroje splňují doby odpojení	vyhovuje
5	odpovídající počet obvodů v instalaci	vyhovuje
6	odpovídající počet zásuvkových vývodů	vyhovuje
7	označení všech obvodů odpovídajícím způsobem	vyhovuje
8	vybavení instalace odpovídajícím hlavním vypínačem	vyhovuje
10	vybavení instalace hlavní uzemňovací svorkou (připojnicí), která je dobře přístupná a označená	vyhovuje
11	řádné označení vodičů	vyhovuje
12	jsou instalovány správné pojistky nebo jističe	vyhovuje
13	zajištění všech spojů	vyhovuje
14	uzemnění celé instalace v souladu s národní normou	vyhovuje
15	hlavní pospojování spojující přívodní vedení (jejich kovové části) a ostatní cizí vodivé části s hlavní uzemňovací soustavou	vyhovuje
17	veškeré živé části jsou buď izolované nebo uzavřené v krytu	vyhovuje
A) Ochrana před dotykem živých částí (základní ochrana)		
1A	izolace živých částí	vyhovuje
2A	přepážky (kontroluje, zda jsou vhodné a bezpečné)	vyhovuje
3A	zda jsou kryty potřebného stupně ochrany před vnějšími vlivy	vyhovuje
4A	zda kabelové vstupy do krytů jsou řádně utěsněny	vyhovuje
5A	zda nepoužité otvory do krytů jsou (pokud je to třeba) zaslepeny	vyhovuje
B) Zařízení (vybavení elektrickými předměty)		
1 Kabely a šňůry		
Kabely a šňůry pro pevné uložení		
1B	izolace živých částí	vyhovuje
2B	zda jmenovitý proud je odpovídající	vyhovuje
4B	zda kabely s pláštěm jsou vedeny v dovozených zónách nebo zda jsou opatřeny přidavnou mechanickou ochranou	vyhovuje
6B	zda jsou správně zvoleny a instalovány s ohledem na své použití, např. že jsou uloženy v zemi	vyhovuje
7B	správně zvoleny a instalovány, jsou-li na povrchu venkovní zdi	vyhovuje
8B	poloměr ohybu odpovídá příslušné normě	vyhovuje
9B	řádně upevněny	vyhovuje
10B	připojení a spoje jsou elektricky a mechanicky v pořádku a odpovídajícím způsobem izolovány	vyhovuje
11B	všechny vodiče jsou bezpečně zakončeny ve svorkách apod., bez zatížení tahem	vyhovuje
12B	svorky mají krytí	vyhovuje
13B	instalace umožňuje snadnou náhradu poškozených vodičů	vyhovuje
14B	kabely jsou instalovány tak, že je zabráněno přílišnému namáhání ve vodičích a v jejich zakončeních	vyhovuje
17B	spoje vodičů (velikost svorek odpovídající průřezu vodičů, musí být zaručen dostatečný tlak v kontaktu)	vyhovuje
18B	volba průřezů vodičů pro zatížení a úbytek napětí s ohledem na způsob uložení	vyhovuje
Ochranné vodiče		
25B	ochranné vodiče jsou přivedeny do každého bodu připojení příslušenství	vyhovuje
27B	minimální průřez ochranných vodičů	vyhovuje
28B	izolace, izolační návleky a jejich zakončení jsou v barevné kombinaci zelená/žlutá	vyhovuje
29B	spoje jsou v bezvadném stavu	vyhovuje

30B	vodiče hlavního a doplňujícího pospojování jsou řádně dimenzovány	vyhovuje
2 Instalační materiál (svítidla – viz. níže)		
Všeobecně (možno uplatnit u všech typů příslušenství)		
32B	krabice nebo jiný kryt je bezpečně upevněn	vyhovuje
33B	okraje krabic pod omítku nepřesahují povrch zdi	vyhovuje
34B	v místech vstupu kabelů nejsou ostré okraje, ostré zakončení vnitřních závitů apod., které by mohly způsobit poškození kabelu	vyhovuje
36B	správné připojení	vyhovuje
39B	svorky jsou dotaženy a jsou v nich všechny drátky vodičů	vyhovuje
41B	odpovídající proudová zatížitelnost	vyhovuje
42B	vhodné pro podmínky, které se dají předpokládat	vyhovuje
Zásuvky		
43B	výška nad podlahou nebo pracovní rovinou, do které jsou osazeny, je odpovídající	vyhovuje
44B	kontakty mají správnou polaritu	vyhovuje
45B	ochranný vodič obvodu je spojen přímo s ochrannou zdičkou (ochranným kontaktem) zásuvky	vyhovuje
Ovládání osvětlení		
52B	jednopolové spínače zařazené pouze ve vodičích vedení (fázových nebo krajních)	vyhovuje
Pevná připojení spotřebičů (včetně svítidel)		
56B	instalace provedena podle doporučení výrobce	vyhovuje
57B	ochrana před dotykem živých částí (základní ochrana)	vyhovuje
3 Instalační trubky		
Všeobecně		
59B	bezpečně upevněny, kryty na místech a odpovídajícím způsobem chráněné před mechanickým poškozením	vyhovuje
60B	není překročeno takové množství kabelů v trubce, aby to bránilo jejich snadnému zatažení	vyhovuje
63B	stupeň ochrany odpovídající vnějším vlivům	vyhovuje
5 Rozvodná zařízení (rozvaděče, rozvodnice)		
82B	vhodná pro předpokládaný účel	vyhovuje
83B	bezpečně upevněna a vhodně označena	vyhovuje
85B	řádně uzemněna	vyhovuje
86B	podmínky, o kterých je možno předpokládat, že budou na zařízení působit, že jsou brány v úvahu tzn., že zařízení je vhodné pro předpokládaná působení vnějších vlivů	vyhovuje
87B	správný stupeň ochrany krytem IP	vyhovuje
88B	vhodné prostředky odpojení, pokud je to předepsáno	vyhovuje
90B	jsou splněny potřeby z hlediska odpojení pro mechanickou údržbu, nouzového a funkčního spínání	vyhovuje
91B	veškeré spoje jsou bezpečné	vyhovuje
93B	v místech vstupu kabelů nejsou ostré okraje, ostré zakončení vnitřních závitů apod., které by mohly způsobit poškození kabelu	vyhovuje
94B	veškeré kryty a veškerá zařízení jsou na místě upevněna a zajištěna	vyhovuje
95B	k zařízení je dobrý přístup a je před ním dost místa pro práci	vyhovuje
96B	kryty vhodné z hlediska mechanické ochrany a kde je to třeba i z hlediska ochrany před požárem	vyhovuje
97B	ochrana před dotykem živých částí (základní ochrana)	vyhovuje
98B	správné připojení zařízení	vyhovuje
99B	volba a nastavení ochranných přístrojů (ochrana před nadproudy)	vyhovuje
100B	vlastní ochranný přístroj přiřazen každému obvodu	vyhovuje
101B	vedení v rozvaděči řádně upevněno	vyhovuje
8 Ochranné přístroje		
114B	proudové chrániče jsou všude, kde se vyžadují	vyhovuje
9 Ostatní		
C Označování		
Značky, nápisy, schémata		
116B	varovné nápisy	vyhovuje
117B	výstražné nápisy	vyhovuje
119B	označování přístrojů pro odpojení	vyhovuje
120B	označování přístrojů pro spínání	vyhovuje
121B	schémata a přehledy (potřebná dokumentace)	nevyhovuje
122B	označení ochranných přístrojů	vyhovuje

V průběhu této výchozí revize byly zjištěny tyto závady a nedostatky:

- Ostatní závady a nedostatky byly odstraněny během této pravidelné revize.



Pratt

Příloha C

